

Anat.

304

dc

Anat. 304^{ds} dc

<36626383580013

<36626383580013

Bayer. Staatsbibliothek

Über die

COMPENSATION DER PHYSISCHEN KRÄFTE

am

MENSCHLICHEN STIMMORGAN.

Mit Bemerkungen

**ÜBER DIE STIMME DER SÄUGETHIERE, VÖGEL
UND AMPHIBIEN.**

Fortsetzung und Supplement der Untersuchungen über die Physiologie
der Stimme.

Von

Johannes Müller.

Mit 4 Kupfertafeln.

Berlin 1839.

Bei August Hirschwald.

Burg-Strasse No. 25.

15

A

In meiner medizinischen Buchhandlung ist ferner erschienen:

- Becker, Dr. F. G., de glandulis thoracis lymphaticis atque thymo specimen pathologicum. C. 3 tab. aen. 4. 1826. $\frac{7}{12}$ Thlr.
- Brandt, Prof. Dr. J. F., u. Prof. Dr. J. T. C. Ratzeburg, medizinische Zoologie, oder getreue Darstellung und Beschreibung der in der Arzneimittellehre in Betracht kommenden Thiere in systematischer Folge. 2 Bde. (13 Hefte) gr. 4. Mit 64 sauber colorirten Kupfertafeln 1828 — 1834. Subscr. Pr. $17\frac{1}{3}$ Thlr.
- Brandt, Prof. Dr. J. F., Dr. P. Phöbus u. Prof. Dr. J. T. C. Ratzeburg, Abbildung und Beschreibung der in Deutschland wildwachsenden und in Gärten im Freien ausdauernden Giftgewächse, nach natürlichen Familien erläutert. (Erste Abtheilung, die Phanerogamen.) Zweite, verbesserte und vermehrte Ausgabe. gr. 4. Mit 48 illum. Kupfertafeln. 1838. $5\frac{2}{3}$ Thlr.
- — Dieselben, zweite Abtheilung, auch unter dem Titel: Phöbus, Dr. P., Deutschlands kryptogamische Giftgewächse in Abbildungen und Beschreibungen mit 9 illum. Kupfertaf. 4. 1838. 3 Thlr.
- Burchard, J. A., de tumore cranii recens natorum sanguines symbolae gr. 4. 1838. $\frac{1}{2}$ Thlr.
- Eschricht, D. F., Anatomische Untersuchungen über die Clione Borealis. Mit 3 Kupfertaf. gr. 4. 1838. $\frac{5}{6}$ Thlr.
- Eulenberg, de tela elastica. Adjecta tabula aenea. 4. 1836. $\frac{1}{3}$ Thlr.
- Gurlt, Prof. Dr. E. F., Lehrbuch der vergleichenden Physiologie der Haus-Säugethiere. Mit 3 Kupfertaf. 8. 1837. $2\frac{1}{4}$ Thlr.
- Henle, Prosect. Dr. F. G. J., Symbolae ad anatomiam villorum intestinalium imprimis eorum epithelii et vasorum lacteorum. Acc. tab. lithogr. 4. 1837. $\frac{1}{2}$ Thlr.
- Lessing, Dr. M. B., Handbuch der Geschichte der Medizin. Nach den Quellen bearbeitet. Erster Band. Geschichte der Medizin bis Harvey. (1628) gr. 8. 1838. $2\frac{3}{4}$ Thlr.
(Der 2te Band ist unter der Presse.)
- Numan, Direct. Dr. A., Ueber die Bremsenlarven, welche sich im Magen des Pferdes aufhalten. Aus dem Holländischen frei übersetzt und mit Zusätzen versehen vom Prof. Dr. Hertwig. gr. 8. mit 2 illuminirten Tafeln. 1838. $\frac{5}{6}$ Thlr.
- Schlemm, Prof. Dr. F., observationes neurologicae. C. 3 Tab. aen. 4. maj. 1834. $\frac{5}{6}$ Thlr.
- Schultz, Prof. Dr. C. H., sur la circulation et sur les vaisseaux lactifères dans les plantes. 4. avec 23 planches. Paris et Berlin 1839. 3 Thlr.

August Hirschwald.

Anat. 304 de

Über die
COMPENSATION DER PHYSISCHEN KRÄFTE
am
MENSCHLICHEN STIMMORGAN.

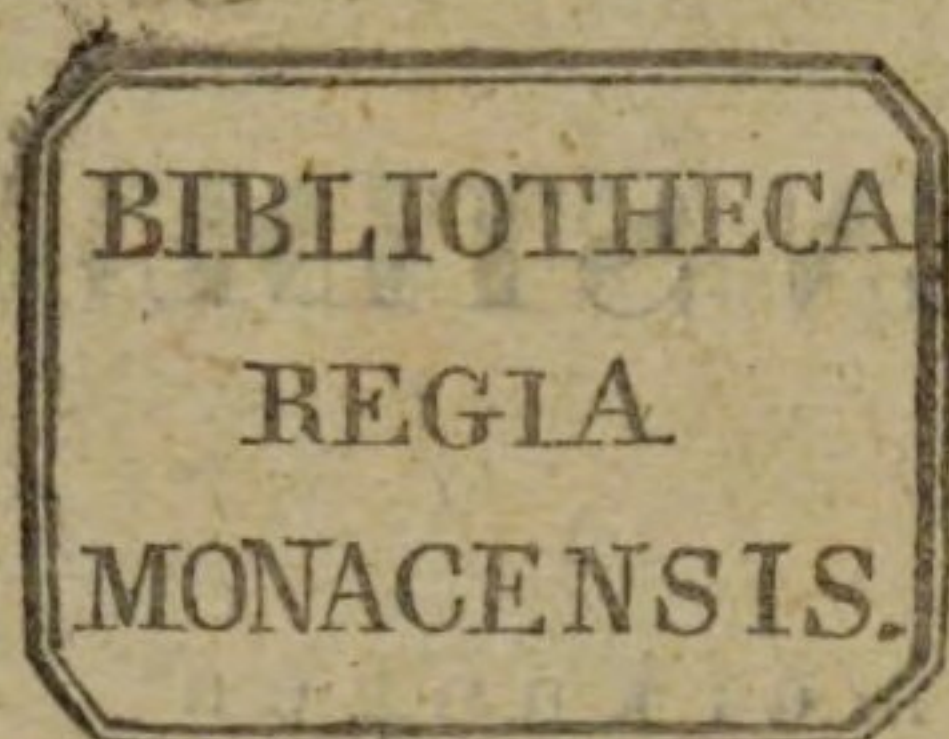
Mit Bemerkungen
ÜBER DIE STIMME DER SÄUGETHIERE, VÖGEL
UND AMPHIBIEN.

Fortsetzung und Supplement der Untersuchungen über die Physiologie
der Stimme.

Von
Johannes Müller.

Mit 4 Kupfertafeln.

Berlin 1839.
Bei August Hirschwald.
Burg-Strasse No. 25.



V o r r e d e.

Die Untersuchungen über die menschliche Stimme, welche ich im Jahre 1837 bekannt machte, habe ich seither weiter verfolgt, die in jener Arbeit niedergelegten Resultate haben sich mir durchgängig bestätigt. Manches war indessen mehr angedeutet, als ausgeführt, und konnte auf demselben, von mir eingeschlagenen Wege bedeutend vervollkommnet werden. Dass dieses fernerhin geschehen werde, ist zu erwarten, indessen habe ich vorgezogen aus meinen Untersuchungen selbst alle Consequenzen zu ziehen, die sich daraus ziehen lassen und der Untersuchung selbst denjenigen Grad von Vervollkommnung zu geben, welcher für jetzt möglich ist. Die angewandte Methode ist der einzige Weg der Zergliederung der menschlichen Stimme. Denn am lebenden Menschen, an Sängern, Bauchrednern, lässt sich einmal nicht viel in dieser Hinsicht lernen. Wenn es dem Physiologen selbst nicht eben leicht ist zu sagen, ob er bei der Nachbildung der Stimme des Bauchredners beim Einathmen oder Ausathmen spricht, so wird man schwerlich von den Aufschlüssen der Bauchredner viel erwarten können, wie auch die Erfahrung gelehrt. Ihnen, wie den Sängern unter den Menschen und Vögeln geht es ziemlich gleich; sie machen es, ohne viel zu wissen wie sie es machen. Was man von der Mechanik des Gesanges ohne physicalische Experimente wissen kann, wird Jedem an sich selbst bekannt sein, dazu bedarf es der eigentlichen Sänger nicht. Die gegenwärtige Abhandlung befasst sich vorzüglich mit der Stimme des Menschen, der Vögel und Reptilien. Es wurden auch manche Versuche von mir an Säugethieren angestellt, indessen habe ich hierbei nichts kennen gelernt, was ich nicht schon beim

Menschen wusste. Die Versuche am Kehlkopf des Kalbes, Rindes' Schafs nach der von mir befolgten Methode angestellt, sind nicht ohne Interesse, weil hier die oberen Stimmbänder und die morphologischen Ventrikel fehlen, man erzeugt mit Leichtigkeit die natürliche Stimme jener Thiere mit ihrem eigentlichen Klang und Höhe oder Tiefe, wenn der hintere stimmlose Theil der Stimmritze geschlossen ist, die Töne erfolgen sowohl bei etwas von einander entfernter, als bei ganz genäherten Bändern. Von Interesse in Beziehung auf die resonirenden Apparate ist dann noch das Stimmorgan mehrerer Affen, an dem ich ebenfalls nach jener Methode experimentirt habe. Was darüber zu sagen ist, wird man in der Erklärung der Abbildungen finden. Im Uebrigen muss ich voraussetzen, dass der geneigte Leser dieser Abhandlung meine frühere ausführliche Arbeit über die Stimme kenne, sie dient allem hier mitzutheilenden zur Basis.

Berlin, den 15. März 1839.

Der Verfasser.

Ueber
die Compensation der physischen Kräfte am
menschlichen Stimmorgan.

Von
Johannes Müller.

Unter Compensation versteht man im Allgemeinen bei den musikalischen Werkzeugen jede Einrichtung, wodurch eine für einen bestimmten Ton nöthige Grösse in den Eigenschaften des Tonwerkzeuges durch Veränderung der Umstände, unter welchen sie gefordert war, unnöthig gemacht wird. Die für einen bestimmten Ton nöthige Länge einer Saite wird compensirt durch die Abspannung der Saite bei einer geringern Länge. Die für einen gewissen Ton nöthige Länge der Luftsäule einer Pfeife, womit sie ihren Grundton giebt, kann compensirt werden durch membranöse Wandungen einer kürzern Pfeife. Der Ton einer membranösen Pfeife kann nach SAVART um mehr als eine Octave tiefer seyn, als der Ton einer Pfeife mit steifen Wänden, die biegsame Beschaffenheit der Wände compensirt also die Länge der Luftsäule einer Pfeife. Eine ähnliche Art der Compensation habe ich bei gedackten Pfeifen je nach dem Material der Bedeckung wahrgenommen. Eine einfüssige, am Ende mit einem Stopfen gedeckte Pfeife giebt bekanntlich c als Grundton, wird aber das Ende statt des Stopfens mit einer locker gespannten Membran gedeckt, so ist der Grundton der Pfeife beim schwächsten Blasen nicht mehr c , sondern eine Terze bis Quinte tiefer; wird die Membran stärker gespannt, so erhöht sich der Grundton der Pfeife und bei der stärksten Spannung wirkt die Membran wie ein fester Stopfen. Hier haben wir ein Beispiel, welches gerade das Umgekehrte der Compensation bei den Zungenpfeifen zeigt. Der Ton einer Zunge wird durch Mitschwingen einer Luftsäule erniedrigt. Hier wird der Ton einer Luftsäule durch Mitschwingen einer membranösen Platte erniedrigt, und die Erniedrigung ist um so grösser, je schlaffer diese Membran ist. Nach den Beobachtungen von BIOT und HAMEL kann man den Grund-

ton der Pfeifen erniedrigen durch Vergrößerung der Embouchure. Die Grösse der Letztern compensirt also die Länge der Pfeife. Man kann ferner nach meinen Beobachtungen den Grundton einer Pfeife durch Bedachung der Embouchure vertiefen, so dass auch die Bedachung dieser Oeffnung die Länge der Luftsäule compensirt. Die auf diese Weise erhaltenen Töne sind keine bloss harmonischen, wie bei Vergrößerung der Embouchure, sondern alle denkbaren Verhältnisse bis zu einer gewissen Grenze, und der Ton wird immer tiefer, je mehr das Dach gegen die Oeffnung niedergedrückt wird. Bei den Zungenwerken mit membranöser Zunge compensiren sich die Länge und die Spannung der Zungenbänder im umgekehrten Verhältniss und bei allen Zungenwerken wird die Länge oder Spannung der Zunge durch Ansatz einer mitschwingenden Luftsäule compensirt, welche den Ton tiefer macht, als er nach der Spannung oder Länge der Zunge seyn würde. Die Verengerung des Anfangs oder Endes der Ansatzröhre vertieft oder erhöht, wie ich gezeigt habe, unter bestimmten Bedingungen und aus angegebenen Ursachen den Ton der Zungenpfeife; diese Verhältnisse sind also auch compensirend.

Am merkwürdigsten ist jedoch bei allen Tonwerkzeugen, bei welchen die Luft mitwirkt, die Veränderung der Töne nach der Stärke der Stösse, welche die Luft ertheilt und die Compensation einer Grösse durch die Stärke des Stosses. Bei den Instrumenten, welche durch Zerrung z. B. mit dem Finger oder durch den Fidelbogen in Bewegung gesetzt werden, ist diese Veränderung fast gar nicht vorhanden. Was die Veränderung der Töne der Pfeifen durch Stärke des Blasens betrifft, so rede ich nicht von der bekannten Erhöhung auf die harmonischen Töne, denn diese sind aus der Theilung der Luftsäule in aliquote Theile zu erklären: sondern von einer ganz successiven Erhöhung durch alle denkbaren Verhältnisse bis zu einer gewissen Grenze, welche ich bei kleinen Pfeifen von 2 und 1 Zoll Länge beobachtete. Die Geschwindigkeit des Luftstromes oder Stärke des Stosses hat also einen offenbaren Einfluss auf die Schnelligkeit der Schwingungen der Luft in der Pfeife. Am leichtesten können aber die Schwingungen einer Zunge durch den Luftstrom verändert werden, wie ich bereits an einem anderen Orte gezeigt habe. Ist z. B. eine metallene Zunge im Verhältniss zu ihrem bewegendem Luftstrom dünn genug, wie die Zunge in der Schalmey der Kinder, so lässt sich der Ton durch Verstärkung des Blasens ohne Intervalle bis auf $1\frac{1}{2}$ Octaven heben. Bei Zungenbändern von Kautschouk gelingt mittelst des Luftstroms der Lungen die Erhöhung um einige Töne bis zu einer Quinte. Hier hat man also eine Compensation der Spannung durch die Stärke des Stosses oder eine Compensation der durch die Spannung bewirkten Schwingungsgeschwindigkeit durch die Geschwindigkeit, die den Bändern durch den Stoss der Luft ertheilt ist.

Ausserdem bezeichnet man aber mit dem Namen der Compensation auch diejenige Einrichtung an Tonwerkzeugen, vermöge welcher sie, statt nach der Stärke des Anstosses ihren Ton in der

Höhe zu ändern, vielmehr eine gleiche Tonhöhe bei dem verschiedensten Anstoss behalten. W. WEBER hat in diesem Sinne von der Compensation der Zungenpfeifen gehandelt und eine compensirte Zungenpfeife construirt, welche bei verschiedener Stärke des Blasens zum piano und forte dieselbe Reinheit des Tons bewahrt, und in diesem Sinne werden wir hier von der Compensation des menschlichen Stimmorganes handeln. Bläst man schwach eine Zungenpfeife mit starker metallischer Zunge an, so ist der Ton ein wenig höher als bei starkem Blasen, wie bei einer angeschlagenen Saite, wie W. WEBER zeigte. Es kam daher darauf an, um einen Ton auf einer Zungenpfeife schwellen zu können, ein Mittel zu finden, welches die Erniedrigung des Tons der Zungenpfeife durch starkes Blasen compensirt. WEBER hat dieses Mittel in der mit der Zunge verbundenen mitschwingenden Luftsäule entdeckt. Die Luftsäule der Zungenpfeife erhöht nämlich ihren Ton bei starkem Blasen, die starke metallene Zunge der Zungenpfeife erniedrigt ihn bei starkem Blasen. Beide Wirkungen compensiren sich und so ist es möglich, bei einer bestimmten, von WEBER ermittelten Länge der mitschwingenden Luftsäule denselben Ton ohne Veränderung seines Werthes in der Tonleiter vollkommen rein zu schwellen und zu schwächen.

Die von W. WEBER entdeckten Thatfachen sind vollkommen richtig für eine bestimmte Stärke der Zungen und eine bestimmte Stärke des Luftstromes oder innerhalb gewisser Grenzen. Es giebt aber eine gewisse Stärke des Luftstromes, bei welcher, wie es scheint, jede Zunge ihren Ton erhöhen muss und in dem Maass erhöht, als die Stärke des Luftstromes oder seine Dichtigkeit vergrößert wird. Für die Stärke des Windes aus den menschlichen Athemwerkzeugen ist dieser Erfolg, wie schon erwähnt, an sehr zarten metallenen Zungen, wie denjenigen der Kinderschalmey sogleich wahrzunehmen, an denen ich den Ton durch Stärke des Blasens um $1\frac{1}{2}$ Octaven successiv und ohne Intervalle in die Höhe trieb. Bei metallenen Zungen, die etwas stärker sind, wie z. B. die Zungen der Mundharmonika, gelingt die Erhöhung des Tones durch Stärke des Blasens aus den Lungen wenig, aber immer noch so viel, dass man sich von der Allgemeinheit des Verhaltens überzeugen kann, und man kann schliessen, dass es auch für die stärkeren metallenen Zungen eine gewisse Stärke des Luftstromes, gleichviel welche, geben müsse, bei welcher sie wie die schwächsten Zungen ihren Ton erhöhen müssen, und in dem Grade, als dieser Stoss sich weiter verstärkt. Hier würde dann eine andere Art der Compensation nöthig seyn, als die von W. WEBER angewandte. Dass die starken metallenen Zungen von WEBER bei schwachem Blasen etwas höhere Töne als bei starkem Blasen geben, scheint auf den ersten Blick ein unerklärlicher Widerspruch mit den zuletzt angeführten Thatfachen zu seyn, der sich aber durch die wahrscheinliche Annahme leicht hebt, dass bei schwachem Blasen das Ende der Zunge an der Befestigung nicht mitschwingt, während es bei starkem Blasen mitgehoben wird.

Wie sich das verhalten möge, so viel ist es gewiss, dass alle membranösen Zungen ihre, ihnen vermöge ihrer Spannung und Länge

zukommenden Töne bei Verstärkung des Blasens erhöhen, wie sich constant an den Zungen von Kautschouk und an den Zungenbändern des menschlichen Kehlkopfes beobachten lässt. Die Erhöhung des Tones, welche sich an künstlichen Kehlköpfen mit Kautschoukbändern durch Stärke des Blasens aus den Lungen erzielen lässt, beträgt bis eine Terze und mehr, ohne Intervalle, und am Kehlkopf bei bestimmter, durch Gewichte bedingter Spannung bis eine Quinte, ja selbst bis eine Octave. Soll daher ein Ton auf dem menschlichen Kehlkopf seinen Werth in der Tonleiter behalten und sich beim Anspruch zum piano wie fortissimo, also bei schwächstem und stärkstem Wind, gleich bleiben, so müssen, indem die Bedingungen zur Erhöhung durch das stärkere Blasen eintreten, compensirende Bedingungen zur Erniedrigung des Tones eintreten, welche jener Erhöhung das Gleichgewicht halten. Diess kann aber hauptsächlich nur durch Abspannung der Stimmbänder geschehen. Sie geben z. B. bei einer Spannung 4 den Ton $\bar{g}$ bei schwächstem Anspruch, hingegen bei der Spannung 2 beim schwächsten Anspruch den Ton $\bar{c}$, so werden sie bei 2 Spannung und stärkerem Anspruch wieder den ersten Ton $\bar{g}$ geben oder erhalten. Mit einem Worte zur Erhaltung eines Tones beim crescendo muss die Spannung in dem Maass abnehmen, als die Stärke des Blasens zunimmt und umgekehrt beim decrescendo. Diese Art der Compensation ist schon in dem Handbuch der Physiologie erläutert worden, indessen fehlte es noch an Versuchen, die das Verhältniss zwischen der abnehmenden Spannung und wachsenden Stärke des Blasens sicher und in Zahlen bestimmen, und ich habe daher eine neue Reihe Versuche angestellt, die dieses Verhältniss erläutern sollen.

Um die Töne dauernd anzuhalten und die Stärke des Windes zu messen, hatte ich die Absicht, ein Gebläse statt des Blasens mit dem Munde anzuwenden. Die Stärke des Blasens oder der Druck konnte hier durch die Gewichte des Gebläses bestimmt werden oder noch sicherer die Dichtigkeit der Luft, welche die Stimmbänder in Bewegung setzte, durch das gewöhnliche Manometer der Gebläse, eine doppeltschenkliche Röhre, deren unterer Theil mit Quecksilber oder Wasser gefüllt ist, und wo der Druck der Luft aus dem Gebläse auf die Flüssigkeit des einen Schenkels wirkt, so dass der Unterschied der Höhe der Flüssigkeit in beiden Schenkeln die Tension der Luft im Gebläse angiebt. Ich stiess jedoch bei Anwendung eines solchen Gebläses zu den Versuchen über die menschliche Stimme auf grosse Schwierigkeiten und sah bald die Nothwendigkeit ein, wie früher, den eigenen Athem zum Winde zu benutzen.

Hat man nämlich einen nach den früheren Angaben gehörig vorbereiteten Kehlkopf auf das Rohr des Gebläses aufgesetzt, so erhält man zwar mittelst des Gebläses anfangs schöne Töne, die wegen der Resonanz des Gebläses ungemein voll seyn können, aber bald nehmen sie ab und verlöschen ganz oder gehen gar bei gleichem Druck des Gebläses in die Höhe. Die Stimme spricht erst wieder an, wenn man die Stimmbänder gehörig von

innen und aussen befeuchtet hat. Die Luft des Gebläses trocknet nämlich schnell den *aditus glottidis inferior* und den Rand der Stimmbänder, und diess ist die Ursache sowohl von dem Ausgehen des Tons, als von dessen allmählicher Erhöhung. Bei dem Blasen aus den Lungen hingegen spricht man mit einer an Wasser überladenen und zugleich warmen Luft beinahe von der Temperatur des menschlichen Körpers an, und man überzeugt sich bei dergleichen Versuchen, dass unter diesen Umständen die Stimmbänder gehörig feucht bleiben und alle eben erwähnten Nachtheile ausgeschlossen bleiben. Man wendet überdiess dieselbe Luft an, welche der Stimme des lebenden Organes dient. Es kam nun darauf an den bei diesen Versuchen angewandten Druck der Luft einer eben solchen Controlle zu unterwerfen, wie bereits in den früheren Versuchen in Hinsicht der Stärke der Spannung oder Abspannung der Stimmbänder geschehen ist.

Diess ist aber leicht mittelst des gewöhnlichen Manometers der Gebläse möglich, indem dieser mit dem Anspruchsrohr verbunden wird. CAGNIARD LATOUR hat bereits auf diese Weise die Tension der Luft, die zum Blasen der Clarinette nöthig ist, so wie bei einem lebenden Menschen, der ein Loch in der Luftröhre hatte, die zum Stimmgeben nöthige Tension der Luft in der Luftröhre gemessen. Derselbe Gelehrte bediente sich einer Röhre, deren eines Ende mit einem dem Mundstück der Clarinette aufgesetzten Windrohr zusammenhing, deren anderes Ende frei in ein mit Wasser gefülltes Gefäss tauchte. Aus der Tiefe, bis zu welcher man die Röhre eintauchen musste, um zu verhindern, dass die Luft unter der Flüssigkeit auswich, schloss er auf den Druck. Dieser war bei der Clarinette gleich einer Wassersäule von 30 Centimeter. Bei einem Menschen mit einer Oeffnung in der Luftröhre war die Tension der Luft in der Luftröhre beim Stimmgeben, ebenfalls manometrisch gemessen, gleich einer Wassersäule von 16 Centimeter.

Ich bediente mich des gewöhnlichen doppeltschenklichen Manometers der Gebläse, wovon der eine Schenkel oben knieförmig umgebogen war, um mit einem dem Luftröhrenstück des Kehlkopfs verbundenen Stimmrohr seitlich fest verbunden zu werden. Diess ist auch das von POISEUILLE zur Messung des Druckes des Blutes in den Arterien und Venen angewandte Manometer, das er Haematodynamometer nannte. Der Unterschied der Höhe der Flüssigkeit in den beiden Schenkeln oder die Summe des Fallens und des Steigens in den entgegengesetzten Schenkeln giebt den statischen Ausdruck des Drucks an. Beim ersten Anspruch gerathen gewöhnlich die Säulen des Quecksilbers oder Wassers in beträchtliches Schwanken, bald aber fixirt sich der Druck und er lässt sich mit hinlänglicher Sicherheit auf $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$ eines Centimeters angeben; eine noch schärfere Angabe in Millimeter würde wegen der Schwankung schwer auszuführen und nicht sicher seyn. Man kann das Ablesen aber bedeutend schärfen, dadurch, dass man statt Quecksilber Wasser anwendet, welches 13,6mal grössere Resultate giebt, wobei freilich auch die Schwankungen desto grösser sind. Hat man einen möglichst gleichen Druck durch Blasen

erreicht, so kann man den Stand der Flüssigkeit dadurch festhalten, dass man den Finger auf die offene Glasröhre auflegt und dann das Ablesen durch die zweite Person vornehmen lassen.

Zuerst muss man sich nun aus den früheren Versuchen erinnern, nach welchem Verhältnisse der Spannung die Töne beim schwächsten Anspruch an Höhe am Stimmorgan zunehmen. Wir nehmen als Ausgangspunkt die beiden Versuche, die wir als typische in dem Handbuch der Physiologie mittheilten, und bei welchen die Spannung durch Gewichte bewirkt wurde, die bei senkrecht befestigtem Kehlkopf senkrecht am vordern obern Theil des Schildknorpels aufgehängt waren.

<i>I. Versuch.</i>	Gewichte.	Töne.	<i>II. Versuch.</i>	Gewichte.	Töne.
	$\frac{1}{2}$ Loth	<i>ais</i>		$\frac{1}{2}$ Loth	<i>h</i>
	1 »	<i>h</i>		1 »	<i>c</i>
	$1\frac{1}{2}$ »	<i>c</i>		$1\frac{1}{2}$ »	<i>cis</i>
	2 »	<i>cis</i>		2 »	<i>d</i>
	$2\frac{1}{2}$ »	<i>d</i>		$2\frac{1}{2}$ »	<i>dis</i>
	$2\frac{8}{10}$ »	<i>dis</i>		3 »	<i>e</i>
	3 »	<i>e</i>		$3\frac{1}{2}$ »	<i>f</i>
	$3\frac{1}{2}$ »	<i>f</i>		4 »	<i>fis</i>
	4 »	<i>fis</i>		$4\frac{1}{2}$ »	<i>g</i> +
	$4\frac{1}{2}$ »	<i>g</i>		5 »	<i>gis</i>
	5 »	<i>gis</i>		$5\frac{1}{2}$ »	<i>a</i>
	$5\frac{1}{2}$ »	<i>a</i>		6 »	<i>ais</i>
	6 »	<i>ais</i>		$6\frac{1}{2}$ »	<i>h</i>
	$6\frac{1}{2}$ »	<i>h</i>		$7\frac{1}{2}$ »	<i>c</i>
	7 »	<i>h — c</i>		$8\frac{3}{10}$ »	<i>cis</i>
	$7\frac{1}{2}$ »	<i>c</i>		9 »	<i>d</i>
	8 »	<i>cis</i>		10 »	<i>dis</i>
	$8\frac{1}{2}$ »	<i>d</i>		11 »	<i>e</i>
	$9\frac{7}{10}$ »	<i>dis</i>		12 »	<i>f</i>
	$10\frac{7}{10}$ »	<i>e</i>		13 »	<i>fis</i>
	$11\frac{7}{10}$ »	<i>f</i>		15 »	<i>g</i>
	13 »	<i>fis</i>		$17\frac{1}{2}$ »	<i>gis</i>
	15 »	<i>g</i>		$18\frac{1}{2}$ »	<i>a</i>
	17 »	<i>gis</i>		20 »	<i>ais</i>
	19 »	<i>a</i>		22 »	<i>h</i>
	22 »	<i>ais</i>		26 »	<i>c</i>
	25 »	<i>h</i>		29 »	<i>cis</i>
	28 »	<i>c</i>		32 »	<i>d</i>
	31 »	<i>cis</i>		37 »	<i>dis</i>

I. Versuch.	Gewichte.	Töne.
	35 Loth	$\overline{\overline{d}}$
	37 »	$\overline{\overline{dis}}$

Es reicht demnach bei den tieferen Tönen ein halbes Loth Gewicht hin, den Ton um einen halben Ton zu erhöhen, bei stärkerer Spannung wurden zuletzt sogar 3 Loth erfordert, um eine Veränderung von einem halben Ton hervorzubringen, und es reicht zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 Pfund bürgerliches Gewicht Muskelkraft hin, die Töne im Umfang von 2 Octaven hervorzubringen. Ich habe aber auch schon mit Kehlköpfen experimentirt, wo nur $\frac{1}{2}$ Pfund zu 2 Octaven hinreichte. Werden die Bänder durch eine in ihrer eigenen Richtung abgehende und über eine Rolle geleitete Schnur gespannt, so ist mehr Gewicht nöthig, um denselben Erfolg hervorzubringen. Ein und derselbe Kehlkopf gab bei senkrechtem Zug am Schildknorpel und hebelartiger Spannung der Stimmbänder 2 Octaven von $\frac{1}{4}$ Loth bis 15 Loth, derselbe bei horizontalem Zug der Stimmbänder dieselben 2 Octaven bis 25 Loth. Ich wünschte nun zu wissen, bei welchem Druck der Luft die Stimmbänder zuerst ihren Grundton ansprechen, und ob bei stärkerer Spannung der Bänder oder den höheren Tönen ein grösserer Druck zum Stimmgeben erforderlich ist. Aus den hierüber angestellten Versuchen ergab sich, dass bei den tieferen Tönen ein Druck der Luft gleich einer Quecksilbersäule von $\frac{1}{4}$ Centim., oder eine Wassersäule von 3,4, zuweilen schon $1\frac{1}{2}$ Centim. hinreicht, um einen leisen Ton am Kehlkopf hervorzubringen; diess gilt sowohl von den Brusttönen als Falsettönen. Beim stärksten noch tönenden Anspruch durch meinen Athem kam der Druck meist doch nur einer Quecksilbersäule von 1—2— $3\frac{1}{2}$ Centimeter gleich. Diess ist auffallend weniger als in CAGNIARD LATOUR's Versuchen am lebenden Menschen, wo der bei der Phonation stattfindende Druck in der Luftröhre einer Wassersäule von 16 Centimeter gleichkam. Dieser Unterschied scheint mir grossentheils davon herzurühren, dass der zu den Versuchen von CAGNIARD LATOUR angewandte Mensch an einer Krankheit der Stimmwerkzeuge gelitten hatte, welche eben die Bronchotomie nöthig gemacht hatte. Bei dem leisesten Luftdruck geben wir bekanntlich schon Stimmtöne und diess stimmt sehr gut mit den von mir an den Kehlköpfen mittelst des Manometers angestellten Versuchen. Dass aber das erreichbare Fortissimo in mehreren Versuchen nur bis 8—12—14 Centimeter ging, leite ich davon ab, dass allerdings beim lebenden Menschen die Oeffnung des Stimmrohrs in der Stimmritze durch die seitliche Zusammendrückung vermöge der Musculi thyreoarytenoidei bedeutend verengert werden kann. Beim leblosen Kehlkopf kann man diess durch seitliche Compression der Stimmbänder ersetzen, dann wird allerdings eine viel stärkere Tension der Luft möglich.

Ich wünschte nun ferner zu wissen, ob sich die Tension der Luft gleichbleibt, wenn man das Piano der tieferen und das Piano

der höheren Töne bei stärkerer Spannung der Stimmbänder an-
giebt, d. h. ob der leiseste tönende Anspruch der Bänder bei
stärkerer Spannung derselben unter gleichbleibender oder zuneh-
mender Tension der Luft möglich ist. Darüber giebt folgender
Versuch Aufschluss. Der angewandte männliche Kehlkopf gab ohne
Gewichte, wenn bloss die Schale von 0,24 Loth anhing, *f* bei
einem Druck der Luft gleich einer Wassersäule von 4 Centimeter.

Gewichte zur Spannung der Bänder.		Töne beim leisest möglichen Anspruch.	Centimeter der Wassersäule.
Gewicht der Schale	$\frac{1}{4}$ Loth	<i>f</i> Falset	4
	$\frac{3}{4}$ »	<i>g</i> »	6
	$1\frac{1}{4}$ »	<i>a</i> »	8
	$1\frac{3}{4}$ »	<i>h</i> »	9
	$2\frac{1}{4}$ »	$\overline{c}$ »	—10
	$3\frac{1}{4}$ »	$\overline{d}$ »	+10
	$4\frac{3}{4}$ »	$\overline{e}$ »	13
	$6\frac{3}{4}$ »	$\overline{f}$ »	13
	$7\frac{3}{4}$ »	$\overline{g}$ »	13
	$11\frac{1}{4}$ »	$\overline{a}$ »	16

Hiernach wird am todten Kehlkopf zu dem leisesten mögli-
chen Anspruch bei stärkerer Spannung und also höheren Tönen eine
stärkere Tension nöthig, also bei tieferen Tönen und geringerer
Spannung der Stimmbänder und die Tension war gegen 2—3mal
so stark bei Erhöhung der Töne um eine ganze Octave.

Es kam nun ferner darauf an, zu wissen, in welchem Ver-
hältniss des Drucks der Luft die Töne bei gleichbleibender Span-
nung der Stimmbänder wachsen. Darüber wurden folgende Ver-
suche an männlichen Kehlköpfen angestellt.

I. Versuch.	Spannung.	Tension der Luft. Quecksilbersäule.	Töne.
	$\frac{3}{4}$ Loth	von $\frac{1}{4}$ Centim.	$\overline{dis}$ Falset.
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{1}{3}$ »	$\overline{e}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{1}{2}$ »	$\overline{fis}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{3}{4}$ »	$\overline{gis}$ »
II. Versuch.	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{1}{4}$ »	<i>h</i> »
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{1}{2}$ »	$\overline{c}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{1}{2}$ »	$\overline{d}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{3}{4}$ »	$\overline{e}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» —1 »	$\overline{f}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» 1 »	$\overline{g}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{5}{4}$ »	$\overline{a}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» 2 »	$\overline{h}$ »

III. Versuch.	Spannung.		Tension der Luft, Quecksilbersäule.		Töne.	
	$\frac{1}{4}$ Loth		von	$\frac{1}{4}$ Centim.	h	Falset,
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{3}$	$\overline{c}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{2}$	$\overline{d}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{3}{4}$	$\overline{e}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	1	$\overline{g}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$1\frac{1}{2}$	$\overline{a}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	2	$\overline{h}$	»
IV. Versuch.	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{3}$	$\overline{c}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	1	$\overline{g}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	2	$\overline{c}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	3	$\overline{e}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$3\frac{1}{2}$	$\overline{f}$	»
V. Versuch.	$2\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{2}$	$\overline{g}$	»
	$2\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{3}{4}$	$\overline{a}$	»
	$2\frac{1}{4}$	»	»	1	$\overline{h}$	»
	$2\frac{1}{4}$	»	»	$1\frac{1}{2}$	$\overline{d}$	»
	$2\frac{1}{4}$	»	»	2	$\overline{e}$	»
	$2\frac{1}{4}$	»	»	$2\frac{1}{2}$	$\overline{f}$	»
	$2\frac{1}{4}$	»	»	$3\frac{1}{2}$	$\overline{g}$	»
VI. Versuch.	$3\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{2}$	$\overline{f}$	»
	$3\frac{1}{4}$	»	»	1	$\overline{g}$	»
	$3\frac{1}{4}$	»	»	$1\frac{1}{4}$	$\overline{h}$	»
	$3\frac{1}{4}$	»	»	—2	$\overline{c}$	»
	$3\frac{1}{4}$	»	»	2	$\overline{d}$	»
	$3\frac{1}{4}$	»	»	$2\frac{1}{2}$	$\overline{e}$	»
	$3\frac{1}{4}$	»	»	$2\frac{3}{4}$	$\overline{f}$	»
VII. Versuch.	$10\frac{1}{4}$	»	»	$2\frac{1}{2}$	$\overline{a}$	»
	$10\frac{1}{4}$	»	»	+4	$\overline{h}$	»
	$10\frac{1}{4}$	»	»	+6	$\overline{c}$	»
	$10\frac{1}{4}$	»	»	8	$\overline{d}$	»
VIII. Versuch.	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{4}$	a	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{3}$	h	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{2}$	$\overline{c}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{2}$	$\overline{d}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{3}{4}$	$\overline{c}$	»

IX. Versuch.	Spannung.	Tension der Luft, Quecksilbersäule	Töne.
	$\frac{1}{4}$ Loth	. . $\frac{1}{4}$ Centim.	$\overline{dis}$ Falset.
	$\frac{1}{4}$ »	. . $\frac{1}{3}$ »	$\overline{e}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. . $\frac{1}{2}$ »	$\overline{f}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. . $+\frac{1}{2}$ »	$\overline{g}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. . $\frac{3}{4}$ »	$\overline{a}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. . 1 »	$\overline{h}$ »

Bei den folgenden Versuchen wurde ein in Zoll und Linien getheiltes Manometer benutzt und als Aequivalent des Luftdrucks eine Wassersäule benutzt.

X. Versuch.	Spannung.	Wassersäule des Manometers.	Töne.
	$\frac{1}{4}$ Loth	. 1" 6'''	$\overline{g}$ Falset.
	$\frac{1}{4}$ »	. 1" 8'''	$\overline{gis}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. 2" 0'''	$\overline{a}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. 2" 4'''	$\overline{ais}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. 2" 8'''	$\overline{h}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. 2" 10'''	$\overline{c}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. 3" 2'''	$\overline{cis}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. 3" 4'''	$\overline{d}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. 4" 0'''	$\overline{dis}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. 4" 6'''	$\overline{e}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. 5" 4'''	$\overline{f}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. 6" 6'''	$\overline{fis}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. 7" 4'''	$\overline{g}$ »
	$\frac{1}{4}$ »	. 8" 0'''	$\overline{gis}$ »

XI. Versuch.	Spannung.	Wassersäule des Manometers.	Töne.
	$\frac{1}{2}$ »	. 2" 6'''	$\overline{cis}$ »
	$\frac{1}{2}$ »	. 3" 0'''	$\overline{d}$ »
	$\frac{1}{2}$ »	. 3" 6'''	$\overline{dis}$ »
	$\frac{1}{2}$ »	. 4" 0'''	$\overline{e}$ »
	$\frac{1}{2}$ »	. 4" 6'''	$\overline{f}$ »
	$\frac{1}{2}$ »	. 5" 0'''	$\overline{fis}$ »
	$\frac{1}{2}$ »	. 6" 0'''	$\overline{g}$ »
	$\frac{1}{2}$ »	. 7" 0'''	$\overline{gis}$ »
	$\frac{1}{2}$ »	. 8" 0'''	$\overline{a}$ »
	$\frac{1}{2}$ »	. 9" 0'''	$\overline{ais}$ »
	$\frac{1}{2}$ »	. 10" 0'''	$\overline{h}$ »
	$\frac{1}{2}$ »	. 11" 0'''	$\overline{c}$ »
	$\frac{1}{2}$ »	. 12" 6'''	$\overline{cis}$ »

XII. Versuch.

Spannung.	Wassersäule des Manometers.	Töne.
$2\frac{1}{4}$ Loth	2" 8"	$\overline{dis}$ Falset.
$2\frac{1}{4}$ "	3" 2"	$\overline{e}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	4"	$\overline{f}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	4" 10"	$\overline{fis}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	6"	$\overline{g}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	7" 4"	$\overline{gis}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	8"	$\overline{a}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	8" 10"	$\overline{ais}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	10"	$\overline{h}$ "

XIII. Versuch.

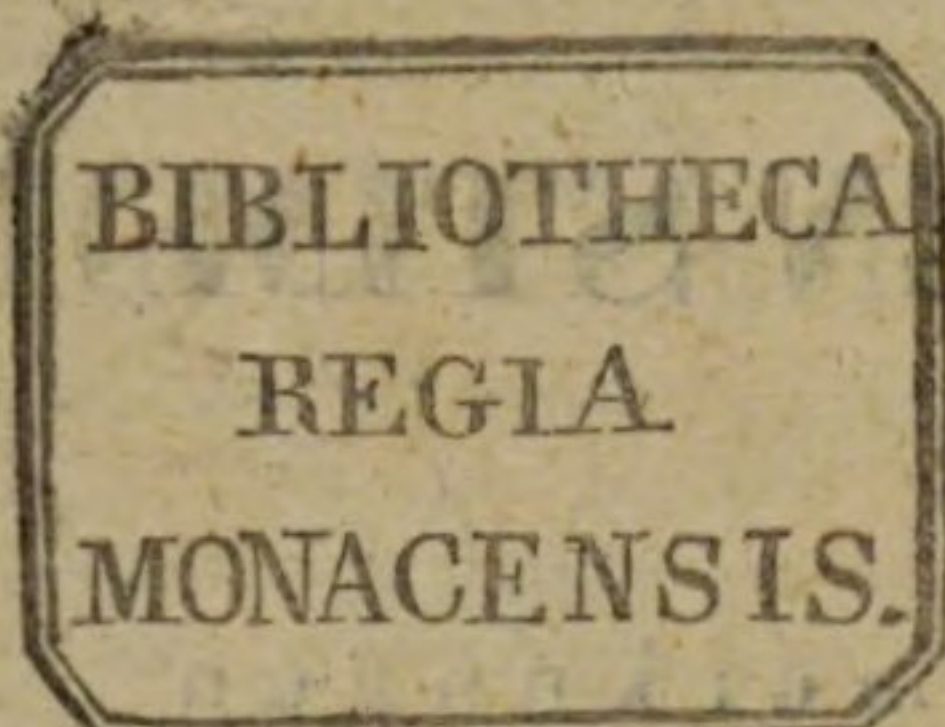
$2\frac{1}{4}$ "	3"	$\overline{f}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	3" 6"	$\overline{fis}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	4"	$\overline{g}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	4" 8"	$\overline{gis}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	6"	$\overline{a}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	7"	$\overline{ais}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	9"	$\overline{h}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	10"	$\overline{c}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	12"	$\overline{cis}$ "

XIV. Versuch.

2 "	3"	$\overline{fis}$ "
2 "	3" 6"	$\overline{g}$ "
2 "	5"	$\overline{gis}$ "
2 "	6"	$\overline{a}$ "
2 "	7"	$\overline{ais}$ "
2 "	9"	$\overline{h}$ "
2 "	10" 6"	$\overline{c}$ "
2 "	11" 6"	$\overline{cis}$ "

XV. Versuch.

$\frac{1}{4}$ "	1" 6"	$\overline{a}$ "
$\frac{1}{4}$ "	+ 2"	$\overline{ais}$ "
$\frac{1}{4}$ "	2" 6"	$\overline{h}$ "
$\frac{1}{4}$ "	+ 2" 6"	$\overline{c}$ "
$\frac{1}{4}$ "	3"	$\overline{cis}$ "
$\frac{1}{4}$ "	3" 6"	$\overline{d}$ "
$\frac{1}{4}$ "	4"	$\overline{dis}$ "
$\frac{1}{4}$ "	+ 4"	$\overline{e}$ "
$\frac{1}{4}$ "	5"	$\overline{f}$ "
$\frac{1}{4}$ "	6"	$\overline{fis}$ "
$\frac{1}{4}$ "	6" 6"	$\overline{g}$ "
$\frac{1}{4}$ "	7" 6"	$\overline{gis}$ "
$\frac{1}{4}$ "	8"	$\overline{a}$ "



V o r r e d e.

Die Untersuchungen über die menschliche Stimme, welche ich im Jahre 1837 bekannt machte, habe ich seither weiter verfolgt, die in jener Arbeit niedergelegten Resultate haben sich mir durchgängig bestätigt. Manches war indessen mehr angedeutet, als ausgeführt, und konnte auf demselben, von mir eingeschlagenen Wege bedeutend vervollkommnet werden. Dass dieses fernerhin geschehen werde, ist zu erwarten, indessen habe ich vorgezogen aus meinen Untersuchungen selbst alle Consequenzen zu ziehen, die sich daraus ziehen lassen und der Untersuchung selbst denjenigen Grad von Vervollkommnung zu geben, welcher für jetzt möglich ist. Die angewandte Methode ist der einzige Weg der Zergliederung der menschlichen Stimme. Denn am lebenden Menschen, an Sängern, Bauchrednern, lässt sich einmal nicht viel in dieser Hinsicht lernen. Wenn es dem Physiologen selbst nicht eben leicht ist zu sagen, ob er bei der Nachbildung der Stimme des Bauchredners beim Einathmen oder Ausathmen spricht, so wird man schwerlich von den Aufschlüssen der Bauchredner viel erwarten können, wie auch die Erfahrung gelehrt. Ihnen, wie den Sängern unter den Menschen und Vögeln geht es ziemlich gleich; sie machen es, ohne viel zu wissen wie sie es machen. Was man von der Mechanik des Gesanges ohne physicalische Experimente wissen kann, wird Jedem an sich selbst bekannt sein, dazu bedarf es der eigentlichen Sänger nicht. Die gegenwärtige Abhandlung befasst sich vorzüglich mit der Stimme des Menschen, der Vögel und Reptilien. Es wurden auch manche Versuche von mir an Säugethieren angestellt, indessen habe ich hierbei nichts kennen gelernt, was ich nicht schon beim

Menschen wusste. Die Versuche am Kehlkopf des Kalbes, Rindes' Schafs nach der von mir befolgten Methode angestellt, sind nicht ohne Interesse, weil hier die oberen Stimmbänder und die morgagnischen Ventrikel fehlen, man erzeugt mit Leichtigkeit die natürliche Stimme jener Thiere mit ihrem eigentlichen Klang und Höhe oder Tiefe, wenn der hintere stimmlose Theil der Stimmritze geschlossen ist, die Töne erfolgen sowohl bei etwas von einander entfernter, als bei ganz genäherten Bändern. Von Interesse in Beziehung auf die resonirenden Apparate ist dann noch das Stimmorgan mehrerer Affen, an dem ich ebenfalls nach jener Methode experimentirt habe. Was darüber zu sagen ist, wird man in der Erklärung der Abbildungen finden. Im Uebrigen muss ich voraussetzen, dafs der geneigte Leser dieser Abhandlung meine frühere ausführliche Arbeit über die Stimme kenne, sie dient allem hier mitzutheilenden zur Basis.

Berlin, den 15. März 1839.

Der Verfasser.

Ueber
die Compensation der physischen Kräfte am
menschlichen Stimmorgan.

Von
Johannes Müller.

Unter Compensation versteht man im Allgemeinen bei den musikalischen Werkzeugen jede Einrichtung, wodurch eine für einen bestimmten Ton nöthige Grösse in den Eigenschaften des Tonwerkzeuges durch Veränderung der Umstände, unter welchen sie gefordert war, unnöthig gemacht wird. Die für einen bestimmten Ton nöthige Länge einer Saite wird compensirt durch die Abspannung der Saite bei einer geringern Länge. Die für einen gewissen Ton nöthige Länge der Luftsäule einer Pfeife, womit sie ihren Grundton giebt, kann compensirt werden durch membranöse Wandungen einer kürzern Pfeife. Der Ton einer membranösen Pfeife kann nach SAVART um mehr als eine Octave tiefer seyn, als der Ton einer Pfeife mit steifen Wänden, die biegsame Beschaffenheit der Wände compensirt also die Länge der Luftsäule einer Pfeife. Eine ähnliche Art der Compensation habe ich bei gedackten Pfeifen je nach dem Material der Bedeckung wahrgenommen. Eine einfüssige, am Ende mit einem Stopfen gedeckte Pfeife giebt bekanntlich c als Grundton, wird aber das Ende statt des Stopfens mit einer locker gespannten Membran gedeckt, so ist der Grundton der Pfeife beim schwächsten Blasen nicht mehr e , sondern eine Terze bis Quinte tiefer; wird die Membran stärker gespannt, so erhöht sich der Grundton der Pfeife und bei der stärksten Spannung wirkt die Membran wie ein fester Stopfen. Hier haben wir ein Beispiel, welches gerade das Umgekehrte der Compensation bei den Zungenpfeifen zeigt. Der Ton einer Zunge wird durch Mitschwingen einer Luftsäule erniedrigt. Hier wird der Ton einer Luftsäule durch Mitschwingen einer membranösen Platte erniedrigt, und die Erniedrigung ist um so grösser, je schlaffer diese Membran ist. Nach den Beobachtungen von BIOT und HAMEL kann man den Grund-

ton der Pfeifen erniedrigen durch Vergrößerung der Embouchure. Die Grösse der Letztern compensirt also die Länge der Pfeife. Man kann ferner nach meinen Beobachtungen den Grundton einer Pfeife durch Bedachung der Embouchure vertiefen, so dass auch die Bedachung dieser Oeffnung die Länge der Luftsäule compensirt. Die auf diese Weise erhaltenen Töne sind keine bloss harmonischen, wie bei Vergrößerung der Embouchure, sondern alle denkbaren Verhältnisse bis zu einer gewissen Grenze, und der Ton wird immer tiefer, je mehr das Dach gegen die Oeffnung niedergedrückt wird. Bei den Zungenwerken mit membranöser Zunge compensiren sich die Länge und die Spannung der Zungenbänder im umgekehrten Verhältniss und bei allen Zungenwerken wird die Länge oder Spannung der Zunge durch Ansatz einer mitschwingenden Luftsäule compensirt, welche den Ton tiefer macht, als er nach der Spannung oder Länge der Zunge seyn würde. Die Verengerung des Anfangs oder Endes der Ansatzröhre vertieft oder erhöht, wie ich gezeigt habe, unter bestimmten Bedingungen und aus angegebenen Ursachen den Ton der Zungenpfeife; diese Verhältnisse sind also auch compensirend.

Am merkwürdigsten ist jedoch bei allen Tonwerkzeugen, bei welchen die Luft mitwirkt, die Veränderung der Töne nach der Stärke der Stösse, welche die Luft ertheilt und die Compensation einer Grösse durch die Stärke des Stosses. Bei den Instrumenten, welche durch Zerrung z. B. mit dem Finger oder durch den Fidelbogen in Bewegung gesetzt werden, ist diese Veränderung fast gar nicht vorhanden. Was die Veränderung der Töne der Pfeifen durch Stärke des Blasens betrifft, so rede ich nicht von der bekannten Erhöhung auf die harmonischen Töne, denn diese sind aus der Theilung der Luftsäule in aliquote Theile zu erklären: sondern von einer ganz successiven Erhöhung durch alle denkbaren Verhältnisse bis zu einer gewissen Grenze, welche ich bei kleinen Pfeifen von 2 und 1 Zoll Länge beobachtete. Die Geschwindigkeit des Luftstromes oder Stärke des Stosses hat also einen offenbaren Einfluss auf die Schnelligkeit der Schwingungen der Luft in der Pfeife. Am leichtesten können aber die Schwingungen einer Zunge durch den Luftstrom verändert werden, wie ich bereits an einem anderen Orte gezeigt habe. Ist z. B. eine metallene Zunge im Verhältniss zu ihrem bewegenden Luftstrom dünn genug, wie die Zunge in der Schalmel der Kinder, so lässt sich der Ton durch Verstärkung des Blasens ohne Intervalle bis auf $1\frac{1}{2}$ Octaven heben. Bei Zungenbändern von Kautschouk gelingt mittelst des Luftstroms der Lungen die Erhöhung um einige Töne bis zu einer Quinte. Hier hat man also eine Compensation der Spannung durch die Stärke des Stosses oder eine Compensation der durch die Spannung bewirkten Schwingungsgeschwindigkeit durch die Geschwindigkeit, die den Bändern durch den Stoss der Luft ertheilt ist.

Ausserdem bezeichnet man aber mit dem Namen der Compensation auch diejenige Einrichtung an Tonwerkzeugen, vermöge welcher sie, statt nach der Stärke des Anstosses ihren Ton in der

Höhe zu ändern, vielmehr eine gleiche Tonhöhe bei dem verschiedensten Anstoss behalten. W. WEBER hat in diesem Sinne von der Compensation der Zungenpfeifen gehandelt und eine compensirte Zungenpfeife construirt, welche bei verschiedener Stärke des Blasens zum piano und forte dieselbe Reinheit des Tons bewahrt, und in diesem Sinne werden wir hier von der Compensation des menschlichen Stimmorganes handeln. Bläst man schwach eine Zungenpfeife mit starker metallischer Zunge an, so ist der Ton ein wenig höher als bei starkem Blasen, wie bei einer angeschlagenen Saite, wie W. WEBER zeigte. Es kam daher darauf an, um einen Ton auf einer Zungenpfeife schwellen zu können, ein Mittel zu finden, welches die Erniedrigung des Tons der Zungenpfeife durch starkes Blasen compensirt. WEBER hat dieses Mittel in der mit der Zunge verbundenen mitschwingenden Luftsäule entdeckt. Die Luftsäule der Zungenpfeife erhöht nämlich ihren Ton bei starkem Blasen, die starke metallene Zunge der Zungenpfeife erniedrigt ihn bei starkem Blasen. Beide Wirkungen compensiren sich und so ist es möglich, bei einer bestimmten, von WEBER ermittelten Länge der mitschwingenden Luftsäule denselben Ton ohne Veränderung seines Werthes in der Tonleiter vollkommen rein zu schwellen und zu schwächen.

Die von W. WEBER entdeckten Thatsachen sind vollkommen richtig für eine bestimmte Stärke der Zungen und eine bestimmte Stärke des Luftstromes oder innerhalb gewisser Grenzen. Es giebt aber eine gewisse Stärke des Luftstromes, bei welcher, wie es scheint, jede Zunge ihren Ton erhöhen muss und in dem Maass erhöht, als die Stärke des Luftstromes oder seine Dichtigkeit vergrößert wird. Für die Stärke des Windes aus den menschlichen Athemwerkzeugen ist dieser Erfolg, wie schon erwähnt, an sehr zarten metallenen Zungen, wie denjenigen der Kinderschalmey sogleich wahrzunehmen, an denen ich den Ton durch Stärke des Blasens um $1\frac{1}{2}$ Octaven successiv und ohne Intervalle in die Höhe trieb. Bei metallenen Zungen, die etwas stärker sind, wie z. B. die Zungen der Mundharmonika, gelingt die Erhöhung des Tones durch Stärke des Blasens aus den Lungen wenig, aber immer noch so viel, dass man sich von der Allgemeinheit des Verhaltens überzeugen kann, und man kann schliessen, dass es auch für die stärkeren metallenen Zungen eine gewisse Stärke des Luftstromes, gleichviel welche, geben müsse, bei welcher sie wie die schwächsten Zungen ihren Ton erhöhen müssen, und in dem Grade, als dieser Stoss sich weiter verstärkt. Hier würde dann eine andere Art der Compensation nöthig seyn, als die von W. WEBER angewandte. Dass die starken metallenen Zungen von WEBER bei schwachem Blasen etwas höhere Töne als bei starkem Blasen geben, scheint auf den ersten Blick ein unerklärlicher Widerspruch mit den zuletzt angeführten Thatsachen zu seyn, der sich aber durch die wahrscheinliche Annahme leicht hebt, dass bei schwachem Blasen das Ende der Zunge an der Befestigung nicht mitschwingt, während es bei starkem Blasen mitgehoben wird.

Wie sich das Verhalten möge, so viel ist es gewiss, dass alle membranösen Zungen ihre, ihnen vermöge ihrer Spannung und Länge

zukommenden Töne bei Verstärkung des Blasens erhöhen, wie sich constant an den Zungen von Kautschouk und an den Zungenbändern des menschlichen Kehlkopfes beobachten lässt. Die Erhöhung des Tones, welche sich an künstlichen Kehlköpfen mit Kautschoukbändern durch Stärke des Blasens aus den Lungen erzielen lässt, beträgt bis eine Terze und mehr, ohne Intervalle, und am Kehlkopf bei bestimmter, durch Gewichte bedingter Spannung bis eine Quinte, ja selbst bis eine Octave. Soll daher ein Ton auf dem menschlichen Kehlkopf seinen Werth in der Tonleiter behalten und sich beim Anspruch zum piano wie fortissimo, also bei schwächstem und stärkstem Wind, gleich bleiben, so müssen, indem die Bedingungen zur Erhöhung durch das stärkere Blasen eintreten, compensirende Bedingungen zur Erniedrigung des Tones eintreten, welche jener Erhöhung das Gleichgewicht halten. Diess kann aber hauptsächlich nur durch Abspannung der Stimmbänder geschehen. Sie geben z. B. bei einer Spannung 4 den Ton $\bar{g}$ bei schwächstem Anspruch, hingegen bei der Spannung 2 beim schwächsten Anspruch den Ton $\bar{c}$, so werden sie bei 2 Spannung und stärkerem Anspruch wieder den ersten Ton $\bar{g}$ geben oder erhalten. Mit einem Worte zur Erhaltung eines Tones beim crescendo muss die Spannung in dem Maass abnehmen, als die Stärke des Blasens zunimmt und umgekehrt beim decrescendo. Diese Art der Compensation ist schon in dem Handbuch der Physiologie erläutert worden, indessen fehlte es noch an Versuchen, die das Verhältniss zwischen der abnehmenden Spannung und wachsenden Stärke des Blasens sicher und in Zahlen bestimmen, und ich habe daher eine neue Reihe Versuche angestellt, die dieses Verhältniss erläutern sollen.

Um die Töne dauernd anzuhalten und die Stärke des Windes zu messen, hatte ich die Absicht, ein Gebläse statt des Blasens mit dem Munde anzuwenden. Die Stärke des Blasens oder der Druck konnte hier durch die Gewichte des Gebläses bestimmt werden oder noch sicherer die Dichtigkeit der Luft, welche die Stimmbänder in Bewegung setzte, durch das gewöhnliche Manometer der Gebläse, eine doppeltschenkliche Röhre, deren unterer Theil mit Quecksilber oder Wasser gefüllt ist, und wo der Druck der Luft aus dem Gebläse auf die Flüssigkeit des einen Schenkels wirkt, so dass der Unterschied der Höhe der Flüssigkeit in beiden Schenkeln die Tension der Luft im Gebläse angiebt. Ich stiess jedoch bei Anwendung eines solchen Gebläses zu den Versuchen über die menschliche Stimme auf grosse Schwierigkeiten und sah bald die Nothwendigkeit ein, wie früher, den eigenen Athem zum Winde zu benutzen.

Hat man nämlich einen nach den früheren Angaben gehörig vorbereiteten Kehlkopf auf das Rohr des Gebläses aufgesetzt, so erhält man zwar mittelst des Gebläses anfangs schöne Töne, die wegen der Resonanz des Gebläses ungemein voll seyn können, aber bald nehmen sie ab und verlöschen ganz oder gehen gar bei gleichem Druck des Gebläses in die Höhe. Die Stimme spricht erst wieder an, wenn man die Stimmbänder gehörig von

innen und aussen befeuchtet hat. Die Luft des Gebläses trocknet nämlich schnell den *aditus glottidis inferior* und den Rand der Stimmbänder, und diess ist die Ursache sowohl von dem Ausgehen des Tons, als von dessen allmählicher Erhöhung. Bei dem Blasen aus den Lungen hingegen spricht man mit einer an Wasser überladenen und zugleich warmen Luft beinahe von der Temperatur des menschlichen Körpers an, und man überzeugt sich bei dergleichen Versuchen, dass unter diesen Umständen die Stimmbänder gehörig feucht bleiben und alle eben erwähnten Nachtheile ausgeschlossen bleiben. Man wendet überdiess dieselbe Luft an, welche der Stimme des lebenden Organes dient. Es kam nun darauf an den bei diesen Versuchen angewandten Druck der Luft einer eben solchen Controlle zu unterwerfen, wie bereits in den früheren Versuchen in Hinsicht der Stärke der Spannung oder Abspannung der Stimmbänder geschehen ist.

Diess ist aber leicht mittelst des gewöhnlichen Manometers der Gebläse möglich, indem dieser mit dem Anspruchsrohr verbunden wird. CAGNIARD LATOUR hat bereits auf diese Weise die Tension der Luft, die zum Blasen der Clarinette nöthig ist, so wie bei einem lebenden Menschen, der ein Loch in der Luftröhre hatte, die zum Stimmgeben nöthige Tension der Luft in der Luftröhre gemessen. Derselbe Gelehrte bediente sich einer Röhre, deren eines Ende mit einem dem Mundstück der Clarinette aufgesetzten Windrohr zusammenhing, deren anderes Ende frei in ein mit Wasser gefülltes Gefäss tauchte. Aus der Tiefe, bis zu welcher man die Röhre eintauchen musste, um zu verhindern, dass die Luft unter der Flüssigkeit auswich, schloss er auf den Druck. Dieser war bei der Clarinette gleich einer Wassersäule von 30 Centimeter. Bei einem Menschen mit einer Oeffnung in der Luftröhre war die Tension der Luft in der Luftröhre beim Stimmgeben, ebenfalls manometrisch gemessen, gleich einer Wassersäule von 16 Centimeter.

Ich bediente mich des gewöhnlichen doppeltschenklichen Manometers der Gebläse, wovon der eine Schenkel oben knieförmig umgebogen war, um mit einem dem Luftröhrenstück des Kehlkopfs verbundenen Stimmrohr seitlich fest verbunden zu werden. Diess ist auch das von POISEUILLE zur Messung des Druckes des Blutes in den Arterien und Venen angewandte Manometer, das er Haematodynamometer nannte. Der Unterschied der Höhe der Flüssigkeit in den beiden Schenkeln oder die Summe des Fallens und des Steigens in den entgegengesetzten Schenkeln giebt den statischen Ausdruck des Drucks an. Beim ersten Anspruch gerathen gewöhnlich die Säulen des Quecksilbers oder Wassers in beträchtliches Schwanken, bald aber fixirt sich der Druck und er lässt sich mit hinlänglicher Sicherheit auf $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$ eines Centimeters angeben; eine noch schärfere Angabe in Millimeter würde wegen der Schwankung schwer auszuführen und nicht sicher seyn. Man kann das Ablesen aber bedeutend schärfen, dadurch, dass man statt Quecksilber Wasser anwendet, welches 13,6mal grössere Resultate giebt, wobei freilich auch die Schwankungen desto grösser sind. Hat man einen möglichst gleichen Druck durch Blasen

erreicht, so kann man den Stand der Flüssigkeit dadurch festhalten, dass man den Finger auf die offene Glasröhre auflegt und dann das Ablesen durch die zweite Person vornehmen lassen.

Zuerst muss man sich nun aus den früheren Versuchen erinnern, nach welchem Verhältnisse der Spannung die Töne beim schwächsten Anspruch an Höhe am Stimmorgan zunehmen. Wir nehmen als Ausgangspunkt die beiden Versuche, die wir als typische in dem Handbuch der Physiologie mittheilten, und bei welchen die Spannung durch Gewichte bewirkt wurde, die bei senkrecht befestigtem Kehlkopf senkrecht am vordern obern Theil des Schildknorpels aufgehängt waren.

<i>I. Versuch.</i>	Gewichte.	Töne.	<i>II. Versuch.</i>	Gewichte.	Töne.
	$\frac{1}{2}$ Loth	<i>ais</i>		$\frac{1}{2}$ Loth	<i>h</i>
	1 »	<i>h</i>		1 »	<i>c</i>
	$1\frac{1}{2}$ »	<i>c</i>		$1\frac{1}{2}$ »	<i>cis</i>
	2 »	<i>cis</i>		2 »	<i>d</i>
	$2\frac{1}{2}$ »	<i>d</i>		$2\frac{1}{2}$ »	<i>dis</i>
	$2\frac{8}{10}$ »	<i>dis</i>		3 »	<i>e</i>
	3 »	<i>e</i>		$3\frac{1}{2}$ »	<i>f</i>
	$3\frac{1}{2}$ »	<i>f</i>		4 »	<i>fis</i>
	4 »	<i>fis</i>		$4\frac{1}{2}$ »	<i>g</i> +
	$4\frac{1}{2}$ »	<i>g</i>		5 »	<i>gis</i>
	5 »	<i>gis</i>		$5\frac{1}{2}$ »	<i>a</i>
	$5\frac{1}{2}$ »	<i>a</i>		6 »	<i>ais</i>
	6 »	<i>ais</i>		$6\frac{1}{2}$ »	<i>h</i>
	$6\frac{1}{2}$ »	<i>h</i>		$7\frac{1}{2}$ »	<i>c</i>
	7 »	<i>h</i> — <i>c</i>		$8\frac{3}{10}$ »	<i>cis</i>
	$7\frac{1}{2}$ »	<i>c</i>		9 »	<i>d</i>
	8 »	<i>cis</i>		10 »	<i>dis</i>
	$8\frac{1}{2}$ »	<i>d</i>		11 »	<i>e</i>
	$9\frac{7}{10}$ »	<i>dis</i>		12 »	<i>f</i>
	$10\frac{7}{10}$ »	<i>e</i>		13 »	<i>fis</i>
	$11\frac{7}{10}$ »	<i>f</i>		15 »	<i>g</i>
	13 »	<i>fis</i>		$17\frac{1}{2}$ »	<i>gis</i>
	15 »	<i>g</i>		$18\frac{1}{2}$ »	<i>a</i>
	17 »	<i>gis</i>		20 »	<i>ais</i>
	19 »	<i>a</i>		22 »	<i>h</i>
	22 »	<i>ais</i>		26 »	<i>c</i>
	25 »	<i>h</i>		29 »	<i>cis</i>
	28 »	<i>c</i>		32 »	<i>d</i>
	31 »	<i>cis</i>		37 »	<i>dis</i>

<i>I. Versuch.</i>	<u>Gewichte.</u>	<u>Töne.</u>
	35 Loth	$\overline{\overline{d}}$
	37 "	$\overline{\overline{dis}}$

Es reicht demnach bei den tieferen Tönen ein halbes Loth Gewicht hin, den Ton um einen halben Ton zu erhöhen, bei stärkerer Spannung wurden zuletzt sogar 3 Loth erfordert, um eine Veränderung von einem halben Ton hervorzubringen, und es reicht zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 Pfund bürgerliches Gewicht Muskelkraft hin, die Töne im Umfang von 2 Octaven hervorzubringen. Ich habe aber auch schon mit Kehlköpfen experimentirt, wo nur $\frac{1}{2}$ Pfund zu 2 Octaven hinreichte. Werden die Bänder durch eine in ihrer eigenen Richtung abgehende und über eine Rolle geleitete Schnur gespannt, so ist mehr Gewicht nöthig, um denselben Erfolg hervorzubringen. Ein und derselbe Kehlkopf gab bei senkrechtem Zug am Schildknorpel und hebelartiger Spannung der Stimmbänder 2 Octaven von $\frac{1}{4}$ Loth bis 15 Loth, derselbe bei horizontalem Zug der Stimmbänder dieselben 2 Octaven bis 25 Loth. Ich wünschte nun zu wissen, bei welchem Druck der Luft die Stimmbänder zuerst ihren Grundton ansprechen, und ob bei stärkerer Spannung der Bänder oder den höheren Tönen ein grösserer Druck zum Stimmgeben erforderlich ist. Aus den hierüber angestellten Versuchen ergab sich, dass bei den tieferen Tönen ein Druck der Luft gleich einer Quecksilbersäule von $\frac{1}{4}$ Centim., oder eine Wassersäule von 3,4, zuweilen schon $1\frac{1}{2}$ Centim. hinreicht, um einen leisen Ton am Kehlkopf hervorzubringen; diess gilt sowohl von den Brusttönen als Falsettönen. Beim stärksten noch tönenden Anspruch durch meinen Athem kam der Druck meist doch nur einer Quecksilbersäule von 1—2— $3\frac{1}{2}$ Centimeter gleich. Diess ist auffallend weniger als in CAGNIARD LATOUR's Versuchen am lebenden Menschen, wo der bei der Phonation stattfindende Druck in der Luftröhre einer Wassersäule von 16 Centimeter gleichkam. Dieser Unterschied scheint mir grossentheils davon herzurühren, dass der zu den Versuchen von CAGNIARD LATOUR angewandte Mensch an einer Krankheit der Stimmwerkzeuge gelitten hatte, welche eben die Bronchotomie nöthig gemacht hatte. Bei dem leisesten Luftdruck geben wir bekanntlich schon Stimmtöne und diess stimmt sehr gut mit den von mir an den Kehlköpfen mittelst des Manometers angestellten Versuchen. Dass aber das erreichbare Fortissimo in mehreren Versuchen nur bis 8—12—14 Centimeter ging, leite ich davon ab, dass allerdings beim lebenden Menschen die Oeffnung des Stimmrohrs in der Stimmritze durch die seitliche Zusammendrückung vermöge der Musculi thyreoarytenoidei bedeutend verengert werden kann. Beim leblosen Kehlkopf kann man diess durch seitliche Compression der Stimmbänder ersetzen, dann wird allerdings eine viel stärkere Tension der Luft möglich.

Ich wünschte nun ferner zu wissen, ob sich die Tension der Luft gleichbleibt, wenn man das Piano der tieferen und das Piano

der höheren Töne bei stärkerer Spannung der Stimmbänder an-
giebt, d. h. ob der leiseste tönende Anspruch der Bänder bei
stärkerer Spannung derselben unter gleichbleibender oder zuneh-
mender Tension der Luft möglich ist. Darüber giebt folgender
Versuch Aufschluss. Der angewandte männliche Kehlkopf gab ohne
Gewichte, wenn bloss die Schale von 0,24 Loth anhing, *f* bei
einem Druck der Luft gleich einer Wassersäule von 4 Centimeter.

Gewichte zur Spannung der Bänder.		Töne beim leisest möglichen Anspruch.	Centimeter der Wassersäule.
Gewicht der Schale	$\frac{1}{4}$ Loth	<i>f</i> Falset	4
	$\frac{3}{4}$ »	<i>g</i> »	6
	$1\frac{1}{4}$ »	<i>a</i> »	8
	$1\frac{3}{4}$ »	<i>h</i> »	9
	$2\frac{1}{4}$ »	$\overline{c}$ »	—10
	$3\frac{1}{4}$ »	$\overline{d}$ »	+10
	$4\frac{3}{4}$ »	$\overline{e}$ »	13
	$6\frac{3}{4}$ »	$\overline{f}$ »	13
	$7\frac{3}{4}$ »	$\overline{g}$ »	13
	$11\frac{1}{4}$ »	$\overline{a}$ »	16

Hiernach wird am todten Kehlkopf zu dem leisesten mögli-
chen Anspruch bei stärkerer Spannung und also höheren Tönen eine
stärkere Tension nöthig, also bei tieferen Tönen und geringerer
Spannung der Stimmbänder und die Tension war gegen 2—3mal
so stark bei Erhöhung der Töne um eine ganze Octave.

Es kam nun ferner darauf an, zu wissen, in welchem Ver-
hältniss des Drucks der Luft die Töne bei gleichbleibender Span-
nung der Stimmbänder wachsen. Darüber wurden folgende Ver-
suche an männlichen Kehlköpfen angestellt.

I. Versuch.	Spannung.	Tension der Luft. Quecksilbersäule.	Töne.
	$\frac{3}{4}$ Loth	von $\frac{1}{4}$ Centim.	$\overline{dis}$ Falset.
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{1}{3}$ »	$\overline{e}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{1}{2}$ »	$\overline{fis}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{3}{4}$ »	$\overline{gis}$ »
II. Versuch.	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{1}{4}$ »	$\overline{h}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{1}{2}$ »	$\overline{c}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{1}{2}$ »	$\overline{d}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{3}{4}$ »	$\overline{e}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» —1 »	$\overline{f}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» 1 »	$\overline{g}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» $\frac{5}{4}$ »	$\overline{a}$ »
	$\frac{3}{4}$ »	» 2 »	$\overline{h}$ »

III. Versuch.	Spannung.		Tension der Luft, Quecksilbersäule.		Töne.	
	$\frac{1}{4}$ Loth		von	$\frac{1}{4}$ Centim.	$\overline{h}$ Falset,	
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{3}$	$\overline{c}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{2}$	$\overline{d}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{3}{4}$	$\overline{e}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	1	$\overline{g}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$1\frac{1}{2}$	$\overline{a}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	2	$\overline{h}$	»
IV. Versuch.	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{3}$	$\overline{c}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	1	$\overline{g}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	2	$\overline{c}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	3	$\overline{e}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$3\frac{1}{2}$	$\overline{f}$	»
V. Versuch.	$2\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{2}$	$\overline{g}$	»
	$2\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{3}{4}$	$\overline{a}$	»
	$2\frac{1}{4}$	»	»	1	$\overline{h}$	»
	$2\frac{1}{4}$	»	»	$1\frac{1}{2}$	$\overline{d}$	»
	$2\frac{1}{4}$	»	»	2	$\overline{e}$	»
	$2\frac{1}{4}$	»	»	$2\frac{1}{2}$	$\overline{f}$	»
	$2\frac{1}{4}$	»	»	$3\frac{1}{2}$	$\overline{g}$	»
VI. Versuch.	$3\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{2}$	$\overline{f}$	»
	$3\frac{1}{4}$	»	»	1	$\overline{g}$	»
	$3\frac{1}{4}$	»	»	$1\frac{1}{4}$	$\overline{h}$	»
	$3\frac{1}{4}$	»	»	2	$\overline{c}$	»
	$3\frac{1}{4}$	»	»	2	$\overline{d}$	»
	$3\frac{1}{4}$	»	»	$2\frac{1}{2}$	$\overline{e}$	»
	$3\frac{1}{4}$	»	»	$2\frac{3}{4}$	$\overline{f}$	»
VII. Versuch.	$10\frac{1}{4}$	»	»	$2\frac{1}{2}$	$\overline{a}$	»
	$10\frac{1}{4}$	»	»	+4	$\overline{h}$	»
	$10\frac{1}{4}$	»	»	+6	$\overline{c}$	»
	$10\frac{1}{4}$	»	»	8	$\overline{d}$	»
VIII. Versuch.	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{4}$	$\overline{a}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{3}$	$\overline{h}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{2}$	$\overline{c}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{1}{2}$	$\overline{d}$	»
	$\frac{1}{4}$	»	»	$\frac{3}{4}$	$\overline{c}$	»

IX. Versuch.	Spannung.	Tension der Luft, Quecksilbersäule		Töne.	
	$\frac{1}{4}$ Loth	. .	$\frac{1}{4}$ Centim.	$\overline{dis}$	Falset.
	$\frac{1}{4}$ »	. .	$\frac{1}{3}$ »	$\overline{e}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	$\frac{1}{2}$ »	$\overline{f}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	$+\frac{1}{2}$ »	$\overline{g}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	$\frac{3}{4}$ »	$\overline{a}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	1 »	$\overline{h}$	»

Bei den folgenden Versuchen wurde ein in Zoll und Linien getheiltes Manometer benutzt und als Aequivalent des Luftdrucks eine Wassersäule benutzt.

X. Versuch.	Spannung.	Wassersäule des Manometers.		Töne.	
	$\frac{1}{4}$ Loth	. .	1" 6'''	$\overline{g}$	Falset.
	$\frac{1}{4}$ »	. .	1" 8'''	$\overline{gis}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	2"	$\overline{a}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	2" 4'''	$\overline{ais}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	2" 8'''	$\overline{h}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	2" 10'''	$\overline{c}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	3" 2'''	$\overline{cis}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	3" 4'''	$\overline{d}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	4"	$\overline{dis}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	4" 6'''	$\overline{e}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	5" 4'''	$\overline{f}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	6" 6'''	$\overline{fis}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	7" 4'''	$\overline{g}$	»
	$\frac{1}{4}$ »	. .	8"	$\overline{gis}$	»

XI. Versuch.	Spannung.	Wassersäule des Manometers.		Töne.	
	$\frac{1}{2}$ »	. .	2" 6'''	$\overline{cis}$	»
	$\frac{1}{2}$ »	. .	3"	$\overline{d}$	»
	$\frac{1}{2}$ »	. .	3" 6'''	$\overline{dis}$	»
	$\frac{1}{2}$ »	. .	4"	$\overline{e}$	»
	$\frac{1}{2}$ »	. .	4" 6'''	$\overline{f}$	»
	$\frac{1}{2}$ »	. .	5"	$\overline{fis}$	»
	$\frac{1}{2}$ »	. .	6"	$\overline{g}$	»
	$\frac{1}{2}$ »	. .	7"	$\overline{gis}$	»
	$\frac{1}{2}$ »	. .	8"	$\overline{a}$	»
	$\frac{1}{2}$ »	. .	9"	$\overline{ais}$	»
	$\frac{1}{2}$ »	. .	10"	$\overline{h}$	»
	$\frac{1}{2}$ »	. .	11"	$\overline{c}$	»
	$\frac{1}{2}$ »	. .	12" 6'''	$\overline{cis}$	»

XII. Versuch.

Spannung.	Wassersäule des Manometers.	Töne.
$2\frac{1}{4}$ Loth	. 2" 8"	$\overline{dis}$ Falset.
$2\frac{1}{4}$ »	. 3" 2"	$\overline{e}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 4"	$\overline{f}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 4" 10"	$\overline{fis}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 6"	$\overline{g}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 7" 4"	$\overline{gis}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 8"	$\overline{a}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 8" 10"	$\overline{ais}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 10"	$\overline{h}$ »

XIII. Versuch.

$2\frac{1}{4}$ »	. 3"	$\overline{f}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 3" 6"	$\overline{fis}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 4"	$\overline{g}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 4" 8"	$\overline{gis}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 6"	$\overline{a}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 7"	$\overline{ais}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 9"	$\overline{h}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 10"	$\overline{c}$ »
$2\frac{1}{4}$ »	. 12"	$\overline{cis}$ »

XIV. Versuch.

2 »	. 3"	$\overline{fis}$ »
2 »	. 3" 6"	$\overline{g}$ »
2 »	. 5"	$\overline{gis}$ »
2 »	. 6"	$\overline{a}$ »
2 »	. 7"	$\overline{ais}$ »
2 »	. 9"	$\overline{h}$ »
2 »	. 10" 6"	$\overline{c}$ »
2 »	. 11" 6"	$\overline{cis}$ »

XV. Versuch.

$\frac{1}{4}$ »	. 1" 6"	$\overline{a}$ »
$\frac{1}{4}$ »	. + 2"	$\overline{ais}$ »
$\frac{1}{4}$ »	. 2" 6"	$\overline{h}$ »
$\frac{1}{4}$ »	. + 2" 6"	$\overline{c}$ »
$\frac{1}{4}$ »	. 3"	$\overline{cis}$ »
$\frac{1}{4}$ »	. 3" 6"	$\overline{d}$ »
$\frac{1}{4}$ »	. 4"	$\overline{dis}$ »
$\frac{1}{4}$ »	. + 4"	$\overline{e}$ »
$\frac{1}{4}$ »	. 5"	$\overline{f}$ »
$\frac{1}{4}$ »	. 6"	$\overline{fis}$ »
$\frac{1}{4}$ »	. 6" 6"	$\overline{g}$ »
$\frac{1}{4}$ »	. 7" 6"	$\overline{gis}$ »
$\frac{1}{4}$ »	. 8"	$\overline{a}$ »

XVI. Versuch. Bruststimme bei seitlich zusammengedrückten Stimmbändern.

Spannung.	Wassersäule des Manometers.	Töne.
0	. 2"	<i>fis</i> Brustst.
	. 4" 6'''	<i>g</i> »
	. 5" 6'''	<i>gis</i> »
	. 6"	<i>a</i> »
	. 7"	<i>h</i> »
	. 8" 6'''	<i>c</i> »
	. 10"	<i>cis</i> »
	. 11"	<i>d</i> »
	. 12"	<i>dis</i> »

XVII. Versuch.

. 3"	<i>c</i> »
. 9"	<i>g</i> »
. 14"	<i>c</i> »

Hieraus geht hervor, dass zur Erhöhung des Grundtons der wenig gespannten Bänder um einen ganzen Ton je nach den Umständen in vielen Fällen eine Erhöhung des Luftdrucks von 1—2 Centim. Wassersäule oder selbst weniger oder mehr erforderlich ist. Das stattfindende Verhältniss schreitet dann so ziemlich gleichmässig fort. Nur bei den höchsten durch verstärktes Blasen hervorgebrachten Tönen wird zum Steigen um einen ganzen Ton ein grösseres Steigen der Tension nöthig.

Zur Erhebung des Grundtons der Bänder bei gleicher schwacher Spannung auf die nächste Octave gehörte in Versuch II. und III. die Erhebung des Drucks auf das 8fache, in Versuch III. die Erhebung des Drucks auf das 6fache, in Versuch V. auf das 7fache, in Versuch VI. auf das $5\frac{1}{2}$ fache, in Versuch X., XI. auf das 5fache, in XV. auf das $5\frac{1}{3}$ fache. Man kann daher annehmen, dass, wenn bei gleicher schwacher Spannung der Stimmbänder der Ton durch stärkeres Blasen um eine ganze Octave erhöht werden soll, dazu die Verstärkung des Drucks der Luft um das 5, 6—8fache erfordert wird. Zur Erhöhung des Tons um eine Quarte bis Quinte war die Verstärkung des Luftdrucks auf das Doppelte bis Dreifache nöthig. Sind die Bänder stärker gespannt, wie in Versuch VII. durch $10\frac{1}{4}$ Loth, so ist nicht bloss ein stärkerer Druck zum leisesten Anspruch nöthig, sondern die Erhöhung des Tons erfordert auch viel mehr als bei schwächerer Spannung, indem im VII. Versuch z. B. für Erhöhung um einen ganzen Ton die Verstärkung des Drucks um 2 Centimeter Quecksilberstand oder $2 \times 13,6$ Wasserstand des Manometers erfordert wurde. Daher wird ein verhältnissmässig viel grösserer Unterschied zum Fortschreiten nöthig. Dasselbe geschieht bei sehr starker Annäherung der Bänder von den Seiten durch die Schenkel einer Pinzette. In diesem Fall musste z. B. um den Grundton der Bänder

bei gleicher Spannung auf die Quarte zu erheben, der Luftdruck statt auf das doppelte bis 3fache, vielmehr auf das 4—5fache vermehrt werden, wie in dem folgenden Versuche übersichtlich wird.

Ich habe ferner bemerkt, dass zuweilen die leichte Erhebung des Tones durch geringe Verstärkung des Luftdrucks bei einer gewissen Höhe seine Grenze erreichte, und dass zur nächsten Erhöhung um nur $\frac{1}{2}$ Ton eine ganz unverhältnissmässige Verstärkung des Luftdrucks nöthig war, wie in folgendem Beispiel.

Töne.	Luftdruck, Wassersäule des Manometers.	
<i>g</i>	2 Zoll.	
<i>gis</i>	3 „	
<i>a</i>	4 „	
<i>ais</i>	7 „	
<i>h</i>	8 „	Gleiche Spannung.
$\overline{c}$	10 „	
$\overline{cis}$	11 $\frac{1}{2}$ „	
$\overline{d}$	13 $\frac{1}{2}$ „	

Wollte ich aber von *d* auf *dis* übergehen, so musste ich das Blasen so sehr verstärken, dass die Wassersäule bis 22—24 und mehr Zoll stieg. Die Ursachen dieses Missverhältnisses sind mir unbekannt geblieben. Die genannte Grenze tritt bei verschiedenen Kehlköpfen sehr verschieden ein, manche lassen ein verhältnissmässiges Steigen bis auf eine Octave, andere nicht zu. Ferner ist zu bemerken, dass, wenn in diesem Fall die Spannung verstärkt wurde, so dass der Grundton höher wurde; die Grenze des einfach fortschreitenden Verhältnisses der Erhöhung um so früher eintrat, je mehr die Spannung verstärkt wurde, wie aus folgenden Versuchen hervorgeht, die an einem und demselben Kehlkopf gemacht wurden.

1 Loth Spannung.		2 Loth Spannung.		3 Loth Spannung.		4 Loth Spannung.		6 Loth Spannung.		8 Loth Spannung.	
Brusttöne.	Luftdruck.	Töne.	Luftdruck.	Töne.	Luftdruck.	Töne.	Luftdruck.	Töne.	Luftdruck.	Töne.	Luftdruck.
<i>fis</i>	2 Zoll Wasser.										
<i>g</i>	3 „ „	<i>g</i>	2								
<i>gis</i>	5 „ „	<i>gis</i>	4	<i>gis</i>	2						
<i>a</i>	6 „ „	<i>a</i>	6	<i>a</i>	5	<i>a</i>	2				
<i>ais</i>	8 „ „	<i>ais</i>	7	<i>ais</i>	8	<i>ais</i>	5	<i>ais</i>	7		
<i>h</i>	9 $\frac{1}{2}$ „ „	<i>h</i>	8	<i>h</i>	8 $\frac{1}{2}$	<i>h</i>	7	<i>h</i>	8	<i>h</i>	6
$\overline{c}$	10 „ „	$\overline{c}$	10	$\overline{c}$	9 $\frac{1}{2}$	$\overline{c}$	8	$\overline{c}$	9	$\overline{c}$	8
$\overline{cis}$	11 „ „	$\overline{cis}$	12	$\overline{cis}$	13	$\overline{cis}$	10	$\overline{cis}$	10	$\overline{cis}$	10
$\overline{d}$	12 $\frac{1}{2}$ „ „	$\overline{d}$	13			$\overline{d}$	13	$\overline{d}$	12	$\overline{d}$	12
<i>dis</i>	24 „ „	<i>dis</i>	24								

In allen diesen Fällen war es nicht möglich, die Stufe von $\bar{d}$ nach $\bar{dis}$ zu übersteigen, ohne den Luftdruck auf 24 Zoll und mehr zu verstärken. In mehreren anderen Fällen trat der Sprung auf gleiche Weise ein. Der folgende Versuch möge zur Vergleichung noch Erwähnung verdienen. Wie im vorigen war die Bruststimme durch seitlichen Druck auf die Bänder erzielt.

$\frac{1}{2}$ Loth Spannung.		1 Loth Spannung.		2 Loth Spannung.		4 Loth Spannung.	
Brusttöne.							
Töne.	Luftdruck.	Töne.	Luftdruck.	Töne.	Luftdruck.	Töne.	Luftdruck.
a	3						
h	5	h	5				
c	6	c	7	c	6		
cis	8	cis	10	cis	8		
$\bar{d}$	11	$\bar{d}$	12	$\bar{d}$	11	$\bar{d}$	7
$\bar{dis}$	14	$\bar{dis}$	14	$\bar{dis}$	14	$\bar{dis}$	11
e	Sprung.	e	Sprung.	e	Sprung.	e	Sprung.

Ich weiss mir diese Erscheinung, auf die ich zur Vermeidung von Missverständnissen bei Versuchen am Kehlkopf aufmerksam mache, vorläufig nicht anders als durch ein Ueberspringen aus einem Register in ein anderes, aus dem Register der Bruststimme in das der Falsetstimme zu erklären. Es geht aber daraus hervor, dass man bei Vergleichung der Aequivalente des Luftdrucks und der Spannung einen Grund mehr hat, die höheren Grade der Spannung und des Drucks bei der Vergleichung ganz auszuschliessen.

Hierauf folgen nun die Versuche über die Compensation der Abspannung der Bänder und des Luftdrucks zur Erzielung des piano und forte bei gleicher Tonhöhe.

Stellt man die Versuche so an, dass man die Spannung der Stimmbänder durch Zug am Schildknorpel nach unten, nach Art des Musculus cricothyreoideus bewirkt, so erhält man aus den nöthigen Gewichten für einen gewissen Ton nicht das Quantum der Spannung der Stimmbänder selbst, sondern das Quantum der für einen gewissen Ton nöthigen Zusammenziehung des Musculus cricothyreoideus, und also bei Vergleichung des Luftdrucks das Verhältniss des letztern zur Wirkung dieses Muskels. Am gleichmässigsten sind die Stimmbänder auf diese Art zu spannen, und daher mussten jedenfalls Versuche auf diese Weise angestellt werden; doch ist zu bemerken, dass ausser jenem Muskel auch das höchst elastische Ligamentum cricothyreoideum in gleicher Art, wie der Muskel wirkt, und dass ihre Wirkungen bei geringer Contraction des Muskels sich unterstützen, während bei stärkerer Contraction des Muskels das Band ausser Spiel gesetzt ist. Gewichte, an einer Schnur aufgehängt, die am Winkel des Schildknorpels befestigt sind, geben also genau das Quantum der nöthigen Contraction des Musculus cricothyreoideus für bestimmte Töne.

Zur Messung des Luftdrucks diente theils ein Quecksilbermanometer, theils ein Wassermanometer, indem die Reihen der Versuche zu verschiedenen Zeiten angestellt wurden. Ich will zuerst die Versuche einzeln mittheilen. Die erste Columnne ist dem in der Höhe gleichen, aber an Stärke zunehmenden Ton bestimmt; die zweite enthält das Quantum, bis zu welchem der Luftdruck vermehrt wurde, und die dritte Columnne die Gewichte der Spannung, welche nach der Vermehrung des Luftdrucks abnehmen.

Gleicher Ton an Stärke zunehmend.		Zunehmender Luftdruck, Quecksilbersäule von	Abnehmende Spannung der Stimm- bänder.
piano	$\overline{a}$	. $\frac{1}{2}$ Centimeter.	$4\frac{1}{4}$ Loth.
crescendo	$\overline{a}$	. $\frac{3}{4}$ "	$2\frac{1}{4}$ "
	$\overline{a}$	. 1 "	$1\frac{1}{4}$ "
	$\overline{a}$	. $1\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "
	$\overline{a}$	. 2 "	$\frac{1}{4}$ "
piano	$\overline{c}$	. $\frac{3}{4}$ "	$6\frac{1}{4}$ "
	$\overline{c}$	. +1 "	$3\frac{1}{4}$ "
forte	$\overline{c}$	. $-1\frac{1}{2}$ "	$1\frac{3}{4}$ "
piano	$\overline{g}$	. $-\frac{1}{2}$ "	$4\frac{1}{4}$ "
	$\overline{g}$	. + $\frac{1}{2}$ "	$3\frac{1}{4}$ "
	$\overline{g}$	. $-\frac{3}{4}$ "	$2\frac{1}{4}$ "
	$\overline{g}$	. $\frac{3}{4}$ "	$1\frac{1}{4}$ "
	$\overline{g}$	. -1 "	$\frac{3}{4}$ "
forte	$\overline{g}$	. 1 "	$\frac{1}{4}$ "
piano	$\overline{e}$	. $\frac{1}{4}$ "	$\frac{3}{4}$ "
forte	$\overline{e}$	. $\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{4}$ "
piano	$\overline{fis}$	. $\frac{1}{3}$ "	$2\frac{1}{4}$ "
	$\overline{fis}$	. $\frac{1}{2}$ "	$1\frac{1}{4}$ "
forte	$\overline{fis}$	. $\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{4}$ "
piano	$\overline{gis}$	. $\frac{1}{2}$ "	$4\frac{1}{4}$ "
	$\overline{gis}$	. $\frac{3}{4}$ "	$3\frac{1}{4}$ "
	$\overline{gis}$	. 1 "	$1\frac{1}{4}$ "
forte	$\overline{gis}$	. +1 "	$\frac{1}{4}$ "
piano	$\overline{gis}$	. $\frac{1}{2}$ "	$4\frac{1}{4}$ "
	$\overline{gis}$	. $-\frac{3}{4}$ "	$2\frac{1}{4}$ "
	$\overline{gis}$	. $\frac{3}{4}$ "	$1\frac{1}{4}$ "
forte	$\overline{gis}$	. 1 "	$\frac{1}{4}$ "

Gleicher Ton an Stärke zunehmend.	Zunehmender Luftdruck, Quecksilbersäule von	Abnehmende Spannung der Stimm- bänder.
piano $\overline{a}$	. $\frac{1}{2}$ Centimeter.	$4\frac{1}{4}$ Loth.
$\overline{a}$	. $+\frac{1}{2}$ »	$2\frac{1}{4}$ »
$\overline{a}$	. -1 »	$1\frac{1}{4}$ »
$\overline{a}$	. 1 »	$\frac{3}{4}$ »
forte $\overline{a}$	. $1\frac{1}{2}$ »	$\frac{1}{4}$ »

Bei allen vorhergehenden Versuchen ist die Stärke des Luftdrucks durch eine Quecksilbersäule gemessen, bei den folgenden wurde eine Wassersäule angewandt.

Gleicher Ton an Stärke zunehmend.	Zunehmender Luftdruck, Wassersäule von	Abnehmende Spannung der Stimm- bänder.
piano h	. 9 Centimeter.	$\frac{9}{4}$ Loth.
h	. 11 »	$\frac{5}{4}$ »
h	. 13 »	$\frac{4}{4}$ »
h	. 15 »	$\frac{3}{4}$ »
forte h	. 17 »	$\frac{2}{4}$ »
piano ais	. 8 »	$\frac{9}{4}$ »
ais	. 10 »	$\frac{5}{4}$ »
ais	. 13 »	$\frac{4}{4}$ »
ais	. 14 »	$\frac{3}{4}$ »
piano $\overline{e}$	. 11 »	$\frac{9}{4}$ »
$\overline{e}$	. 13 »	$\frac{5}{4}$ »
forte $\overline{e}$	. 14 »	$\frac{3}{4}$ »
piano $\overline{f}$	. 10 »	$\frac{5}{4}$ »
$\overline{f}$	. $12\frac{1}{2}$ »	$\frac{3}{4}$ »
forte $\overline{f}$	. 14 »	$\frac{2}{4}$ »
piano ais	. 11 »	$\frac{9}{4}$ »
ais	. 12 »	$\frac{5}{4}$ »
ais	. 13 »	$\frac{4}{4}$ »
forte ais	. 15 »	$\frac{3}{4}$ »
piano a	. 8 »	$\frac{9}{4}$ »
a	. 11 »	$\frac{5}{4}$ »
a	. 13 »	$\frac{4}{4}$ »
forte a	. 14 »	$\frac{3}{4}$ »
piano $\overline{d}$	. 12 »	$1\frac{7}{4}$ »
$\overline{d}$	. 16 »	$1\frac{3}{4}$ »
$\overline{d}$	. 18 »	$\frac{9}{4}$ »
$\overline{d}$	. 20 »	$\frac{5}{4}$ »
forte $\overline{d}$	. 22 »	$\frac{3}{4}$ »

Gleicher Ton an Stärke zunehmend.		Zunehmender Luftdruck, Wassersäule von		Abnehmende Spannung der Stimm- bänder.	
piano	<i>a</i>	.	9 Centimeter.	$\frac{9}{4}$	Loth.
	<i>a</i>	.	12 »	$\frac{7}{4}$	»
	<i>a</i>	.	13 »	$\frac{5}{4}$	»
forte	<i>a</i>	.	14 »	$\frac{3}{4}$	»
piano	<i>h</i>	.	8 »	$\frac{9}{4}$	»
	<i>h</i>	.	10 »	$\frac{7}{4}$	»
	<i>h</i>	.	12 »	$\frac{5}{4}$	»
	<i>h</i>	.	14 »	$\frac{3}{4}$	»
forte	<i>h</i>	.	15 »	$\frac{2}{4}$	»
piano	$\overline{e}$	.	11 »	$\frac{5}{4}$	»
	$\overline{e}$	.	12 »	$\frac{3}{4}$	»
forte	$\overline{e}$	.	14 »	$\frac{2}{4}$	»
piano	$\overline{f}$	.	10 »	$\frac{5}{4}$	»
	$\overline{f}$	.	13 »	$\frac{3}{4}$	»
	$\overline{f}$	.	14 »	$\frac{2}{4}$	»
piano	<i>a</i>	.	8 »	$\frac{9}{4}$	»
	<i>a</i>	.	10 »	$\frac{5}{4}$	»
	<i>a</i>	.	12 »	$\frac{3}{4}$	»
forte	<i>a</i>	.	14 »	$\frac{1}{4}$	»

Man sieht aus diesen und ähnlichen Versuchen, dass der Zug des Schildknorpels nach unten zu in einem grössern Verhältniss abnehmen, als der Luftdruck zunehmen muss, für die Verstärkung eines Tones bei gleicher Höhe.

Wenn der Luftdruck auf das doppelte bis 4fache sich verstärkte, so musste der dem Musculus cricothyreoideus ähnlich wirkende Zug sich um das 4fache bis 8fache und 16fache verstärken, wenn der Ton an Höhe gleich bleiben sollte. Im zweiten Versuch musste bei Erhöhung des Luftdrucks von 8:14 oder 4:7 der Zug zur Spannung abnehmen von 3:1, im dritten Versuch bei Erhöhung des Luftdrucks von 8 bis 14 oder 4 bis 7 der Zug zur Spannung abnehmen von 9 bis 1. Eine sichere Vergleichung kann nur das Verhältniss der Spannung der Stimmbänder selbst zum Luftdruck darbieten. Die Stimmbänder müssen in der Richtung ihrer Länge angezogen werden durch eine Schnur, die über eine Rolle geht. Da jedoch die Befestigung des Schildknorpels am Ringknorpel ein Hinderniss der Spannung in dieser Richtung ist, so muss man den ganzen Schildknorpel vorsichtig, ohne Verletzung der Schleimhaut des Kehlkopfes, bis auf denjenigen vordern Theil abtragen, woran die Stimmbänder befestigt sind. Auch muss das elastische Band zwischen Schildknorpel und Ringknorpel vorsichtig weggenommen werden. Endlich kann man auch noch die Muskeln zur Seite der Stimmbänder wegnehmen, man

erhält dann eine Präparation, wie sie Fig. 3 abgebildet ist, woran sich nunmehr die Spannung der Bänder ohne Fehler durch eine an den Rest des Schildknorpels dicht an der Insertion der Stimmbänder befestigte, in der Richtung der Stimmbänder abgehende, über eine Rolle geleitete und mit Gewichten beschwerte Schnur messen lässt. Damit die Spannung in der ganzen Breite der Bänder gleichmässig geschehe, ist es erforderlich, dass man einen Kehlkopf mit verknöchertem Schildknorpel nehme, dessen Winkel, woran die Schnur, nicht nachgiebt.

Nach der Analogie der Stimmbänder mit den Saiten sollte man glauben, dass die Töne in dem Verhältniss der Octaven, 1 2 4 8 zunehmen, wenn die spannenden Kräfte in dem Verhältniss ihrer Quadrate 1 4 16 64 wachsen. Bei dem Wachsthum der Spannung von 1 auf 4 bleiben die Töne jedoch beträchtlich unter der Octave zurück, wie ich schon in meiner ersten Abhandlung gezeigt habe, so dass man statt der Octave meist die Quarte, Quinte oder Sexte oder dazwischen liegende Töne erhält. Die Ursache dieses Unterschiedes ist mir nicht bekannt geworden, vielleicht ist er darin zu suchen, dass die Stimmbänder durch Luftdruck angesprochen werden, oder in ihrer Nässe oder in ihrer Zusammensetzung aus vielen parallelen Streifen, welche ungleich angezogen werden. Bei Erhebung geringster Spannung der Bänder um das 4fache steigen die Töne nur auf ihre Quarte und mehr, bei etwas stärkerer Spannung steigen sie bei Erhebung derselben auf das 4fache auf ihre Quinte, und bei Erhebung der noch stärkern Spannung auf das 4fache auf ihre Sexte und mehr. Dieser Unterschied in der Erhebung bei schwächerer oder stärkerer Spannung, von der man ausgeht, ist ohne Zweifel darin zu suchen, dass, je stärker die Spannung wird, um so mehr Luftdruck nöthig ist, um den leisesten oder Grundton der Bänder anzugeben.

Es schien mir interessant, die Wirkung des senkrechten Zuges am Schildknorpel mit der Wirkung des horizontalen an den Bändern an einem und demselben Kehlkopf zu vergleichen. Ich stellte daher zuerst mit einem Kehlkopf den Versuch bei senkrechtem Zug an und präparirte ihn dann erst durch Ablösen des grössten Theils des Schildknorpels für den horizontalen Zug.

Töne. Falset.	Spannung durch senkrechten Zug am Schildknorpel.	Spannung durch horizontalen Zug.
<u>cis</u>	0,25 Loth Gewicht d. Schale.	0
<u>d</u>	0,45 Lth. incl. Gew. d. Schale.	0,25 Loth Gewicht d. Schale.
<u>dis</u>		0,35 Lth. incl. Gew. d. Schale.
<u>e</u>	0,75 " "	0,45 " "
<u>f</u>	0,95 " "	0,55 " "
<u>fis</u>	1,35 " "	0,75 " "
<u>g</u>	1,75 " "	0,95 " "
<u>gis</u>	2,25 " "	1,25 " "
<u>a</u>	2,75 " "	1,75 " "

Töne, Falset.	Spannung durch senkrechten Zug am Schildknorpel.	Spannung durch horizontalen Zug.
$\overline{ais}$	3,45 Lth. incl. Gew. d. Schale.	1,95 Lth. incl. Gew. d. Schale.
$\overline{h}$	3,95 " "	2,35 " "
$\overline{c}$	4,25 " "	3,15 " "
$\overline{cis}$	4,75 " "	3,45 " "
$\overline{d}$	5,25 " "	4,25 " "
$\overline{dis}$	6,25 " "	5,25 " "
$\overline{e}$	7,25 " "	7,25 " "
$\overline{f}$	8,25 " "	9,25 " "
$\overline{fis}$	9,25 " "	11,75 " "
$\overline{g}$	10,25 " "	14,25 " "
$\overline{gis}$	11,25 " "	16,25 " "
$\overline{a}$	12,25 " "	18,25 " "
$\overline{ais}$	13,25 " "	20,25 " "
$\overline{h}$		22,25 " "
$\overline{c}$	14,25 " "	24,25 " "
$\overline{cis}$	15,25 " "	25,25 " "

Hiernach war bei horizontalem Zug zum Steigen von dem durch das geringste Gewicht, $\frac{1}{4}$ Loth, bedingten Tons $\overline{d}$ auf seine Octave $\overline{d}$ ein Steigen des Gewichts von 0,25 auf 4,25 oder von 1 auf 17 nöthig.

bei $\overline{dis}$ und $\overline{dis}$ verhielten sich die Spannung wie 0,35 zu 5,25 oder 1 zu 15,

bei $\overline{e}$ und $\overline{e}$ wie 1:16,

bei $\overline{f}$ und $\overline{f}$ wie 1:16,

bei $\overline{fis}$ und $\overline{fis}$ wie 1:15,

bei $\overline{g}$ und $\overline{g}$ wie 1:15,

bei $\overline{gis}$ und $\overline{gis}$ wie 1:13,

bei $\overline{a}$ und $\overline{a}$ wie 1:10,

bei $\overline{ais}$ und $\overline{ais}$ wie 1:10,

bei $\overline{h}$ und $\overline{h}$ wie 1:9,

bei $\overline{c}$ und $\overline{c}$ wie 1:7,

bei $\overline{cis}$ und $\overline{cis}$ wie 1:7.

Dass das Steigen der Töne nicht in gleichem Verhältniss mit der Zunahme der Spannung blieb, kann davon abhängen, dass

bei grösserer Spannung ein grösserer Luftdruck nöthig ist, um den Grundton anzugeben. Wenn aus diesem Versuch Schlüsse in Beziehung auf die Compensation gezogen werden sollten, so müsste der ungleiche Luftdruck für den ersten tönenden Anspruch bei schwächerer und stärkerer Spannung erst auf einen gleichen Luftdruck reducirt werden können. Es sind daher Versuche nöthig, bei welchen jeder Ton bei zunehmender Spannung unter einem gleichen mittlern Luftdruck angegeben wird. Diess ist in den folgenden Versuchen der Fall.

<i>I. Versuch.</i>	Töne. Falset.	Spannung durch horizontalen Zug.		Luftdruck, Wassersäule
	$\overline{a}$	0,75L. incl. 0,25Gew. d. Sch. u. Schn.		. 8 Zoll.
	$\overline{ais}$	1,25	»	. 8 »
	$\overline{h}$	2,25	»	. 8 »
	$\overline{c}$	3,25	»	. 8 »
	$\overline{cis}$	4,25	»	. 8 »
	$\overline{d}$	6,25	»	. 8 »
<i>II. Versuch.</i>	$\overline{f}$	0,75	»	. 6 »
	$\overline{fis}$	1,25	»	. 6 »
	$\overline{g}$	1,75	»	. 6 »
	$\overline{gis}$	2,25	»	. 6 »
	$\overline{a}$	2,75	»	. 6 »
	$\overline{ais}$	3,25	»	. 6 »
	$\overline{h}$	3,75	»	. 6 »
<i>III. Versuch.</i>	$\overline{dis}$	0,75	»	. 4 »
	$\overline{e}$	1,25	»	. 4 »
	$\overline{f}$	1,75	»	. 4 »
	$\overline{fis}$	2,25	»	. 4 »
	$\overline{g}$	2,75	»	. 4 »
	$\overline{gis}$	3,25	»	. 4 »
	$\overline{a}$	5,25	»	. 4 »

Im ersten Versuch stieg der Ton bei der Vermehrung der Spannung um das 4fache, was bei Saiten eine Octave bewirkt, auf weniger als eine Terze, im zweiten Versuch bei gleicher Vermehrung der Spannung um eine Quarte und sofort um mehr als eine Quarte, im dritten Versuch um eine Quarte und sofort wieder um eine Quarte.

Die folgenden Versuche sind mit Brusttönen angestellt, indem das Brusttimbre durch Anlegen der Schenkel einer fixirten Pinette an die Seiten der Stimmbänder nach der von mir beschriebenen Weise erzielt wurde.

I. Versuch.	Töne. Brust.	Spannung durch horizontalen Zug.		Luftdruck, Wassersäule	
	<i>a</i>	1,25 L. incl. 0,25 Gew. d. Sch. u. Schn.		. 8	Zoll.
	<i>ais</i>	1,45	»	. 8	»
	<i>+h</i>	1,55	»	. 8	»
	<i>c</i>	1,75	»	. 8	»
	<i>cis</i>	2,15	»	. 8	»
	<i>d</i>	2,75	»	. 8	»
	<i>dis</i>	4,75	»	. 8	»
	<i>e</i>	5,75	»	. 8	»
	<i>f</i>	8,25	»	. 8	»
II. Versuch.	<i>c</i>	2,25	»	. 8	»
	<i>cis</i>	3,25	»	. 8	»
	<i>d</i>	4,25	»	. 8	»
	<i>dis</i>	5,25	»	. 8	»
	<i>e</i>	6,25	»	. 8	»
	<i>f</i>	7,25	»	. 8	»
	<i>fis</i>	8,75	»	. 8	»
	<i>g</i>	12,25	»	. 8	»
	<i>gis</i>	16,25	»	. 8	»
	<i>a</i>	20,25	»	. 8	»
	<i>ais</i>		»	. 8	»
	<i>h</i>		»	. 8	»
	<i>c</i>	29,25	»	. 8	»
III. Versuch.	<i>h</i>	1,25	»	. 8	»
	<i>c</i>	2,25	»	. 8	»
	<i>cis</i>		»	. 8	»
	<i>d</i>	3,25	»	. 8	»
	<i>dis</i>	4,25	»	. 8	»
	<i>e</i>	5,25	»	. 8	»
	<i>f</i>	7,75	»	. 8	»
	<i>fis</i>	11,25	»	. 8	»
	<i>g</i>	14,75	»	. 8	»
	<i>gis</i>	19,25	»	. 8	»
	<i>a</i>	21,25	»	. 8	»
	<i>ais</i>	25,55	»	. 8	»
	<i>h</i>		»	. 8	»
	<i>c</i>	31,25	»	. 8	»

IV. Versuch.	Töne. Brustst.	Spannung durch horizonzalen Zug.	Luftdruck, Wassersäule
	$\overline{cis}$	2,25 L. incl. 0,25 Gew. d. Sch. u. Schn.	. 8 Zoll.
	$\overline{d}$	3,25 " "	. 8 "
	$\overline{dis}$	4,25 " "	. 8 "
	$\overline{e}$	5,25 " "	. 8 "
	$\overline{f}$	7,25 " "	. 8 "
	$\overline{fis}$	9,25 " "	. 8 "
	$\overline{g}$		. 8 "
	$\overline{gis}$	16,25 " "	. 8 "
	$\overline{a}$	18,25 " "	. 8 "
	$\overline{ais}$	20,25 " "	. 8 "
	$\overline{h}$	24,25 " "	. 8 "
	$\overline{\overline{c}}$	28,25 " "	. 8 "
	$\overline{\overline{cis}}$	32,25 " "	. 8 "

Im ersten Versuch stieg der Ton bei der Verstärkung der Spannung um das 4fache fortschreitend um mehr als eine Quarte, zuletzt weniger als eine Quarte. Im zweiten Versuch stieg der Ton bei der Verstärkung der Spannung auf das 4fache gleichbleibend um mehr als eine Quarte, im dritten Versuch um eine Quarte und mehr und weniger als eine Quarte, zuletzt Quinte. Im vierten Versuch stieg der Ton bei der Verstärkung der Spannung um das 4fache anfangs um ohngefähr eine Quarte, hernach um mehr als eine Quarte, um eine Quinte und zuletzt um mehr als eine Quinte. Im zweiten Versuch verhielt sich die Spannung bei $\overline{c}$ und $\overline{\overline{c}}$ wie 1:13, und so würde auch ohngefähr das Verhältniss beim ersten Versuch seyn, wenn man sich die hier fehlende Octave durch Interpolation aufsuchte. Im dritten Versuch ist das Verhältniss der Octaven wie 1:13,9, im vierten wie 1:14,3.

In der gegenwärtigen Versuchsreihe wurde das unverhältnissmässige Steigen der Töne bei stärkerer Spannung mehr vermieden, verschwand jedoch nicht ganz, indem die stärkere Spannung einen verhältnissmässig etwas grössern Erfolg beim Fortschreiten hatte als die schwächere. Diese Unterschiede, glaube ich, kann man mit allem Recht von ungleicher Spannung der verschiedenen Fasern der sowohl in der Breite als Höhe ansehnlichen Stimmbänder bei zunehmendem Zug ableiten. Der mit dem Bau des Organs Vertraute sieht bald ein, dass eine für alle Fibern der Stimmbänder ganz gleich zunehmende Spannung, wenigstens bei horizontalem Zug ganz unmöglich ausgemittelt werden kann. So viel geht indess aus dem vorhergehenden hervor, dass im Durchschnitt die Verstärkung der Spannung der Bänder um das 4fache den Ton um eine Quarte bis Quinte erhöht, und zwar bei schwacher Spannung um eine Quarte und weniger als eine Quinte, bei starker Spannung um mehr als eine Quarte, Quinte und mehr als eine Quinte, und dass das Fortschreiten um eine Octave im

mittlern Theil der Scala die Verstärkung der Spannung um ohngefähr das 13—14fache oder etwas weniger oder mehr erfordert.

Es versteht sich unter den obwaltenden Umständen von selbst, dass hier nur von einem beiläufigen Resultat die Rede seyn kann. Bei einer grössern Anzahl der Versuche und mehr Variation würde man wahrscheinlich auch auf Ergebnisse kommen, die zum Theil unter den angegebenen Zahlenverhältnissen bleiben, zum Theil mehr oder weniger über sie hinausgehen, so dass man den Gliedern der auf p. 23. aufgestellten Reihe vom Maximum 1:16 bis Minimum 1:7 für die Octaven sich näherte. Ebensolche Variationen sind auch für die Quarten und Quinten nach Anleitung der auf p. 23. aufgestellten Reihe zu erwarten, wo das Fortschreiten von 1:4 anfangs in die Nähe der Quarten fiel, zuletzt aber weit über die Quinten, ja über die Sexte hinausfiel.

Wir können nun die Wirkung des Luftdrucks und die Wirkung der directen Spannung mit einander vergleichen. Oben wurde gezeigt, dass zur Erhebung eines Tons auf seine Octave bei gleicher Spannung der Bänder die 5—8fache Verstärkung des Luftdrucks, zur Erhebung des Grundtons auf eine Quarte und Quinte ohngefähr eine 2—3fache Verstärkung des Luftdrucks nöthig sei.

Hieraus lässt sich schliessen, dass, wenn die Stärke der Stimme bei gleicher Höhe bis zum Forte steigen soll, die Spannung in einem viel grösseren Verhältnisse abnehmen müsse, als der Luftdruck wachsen, und dass, wenn der Luftdruck auf das 5—8fache steigt, die Spannung auf ohngefähr das 13—14fache abnehmen müsse, und dass, wenn der Luftdruck auf das doppelte bis 3fache steige, wodurch eine Quarte bis Quinte erzielt worden wäre, zur Herabdrückung auf den Grundton die Spannung um ohngefähr das 4fache oder mehr oder weniger abnehmen müsse. Damit scheinen nun auch die folgenden directen, über die Compensation angestellten Versuche ohngefähr zu stimmen, wenn man das Mittel aus den allerdings starken Variationen zieht. Alle zu starken Spannungen der Bänder und zu starken Tensionen der Luft müssen aus früher angeführten Gründen vermieden werden.

Falsetstimme.

Gleiche Töne an Stärke zunehmend.		Abnehmende Spannung.	Zunehmender Luftdruck, Wassersäule von
piano	<u>cis</u>	4 Loth.	3½ par. Zoll.
	<u>cis</u>	2 »	4 » »
	<u>cis</u>	1 »	6 » »
forte	<u>cis</u>	½ »	8 » »
piano	<u>cis</u>	4 »	3½ » »
	<u>cis</u>	2 »	5 » »
	<u>cis</u>	1 »	5½ » »
forte	<u>cis</u>	½ »	7 » »

Gleiche Töne an Stärke zunehmend.		Abnehmende Spannung.	Zunehmender Luftdruck, Wassersäule von
piano	$\overline{\overline{c}}$	4 Loth.	$2\frac{1}{2}$ par. Zoll.
	$\overline{\overline{c}}$	2 »	3 » »
	$\overline{\overline{c}}$	1 »	4 » »
forte	$\overline{\overline{c}}$	$\frac{1}{2}$ »	5 » »
piano	$\overline{\overline{c}}$	4 »	3 » »
	$\overline{\overline{c}}$	2 »	4 » »
	$\overline{\overline{c}}$	1 »	5 » »
forte	$\overline{\overline{c}}$	$\frac{1}{2}$ »	6 » »

Die vorhergehenden Versuche waren mit Falsettönen angestellt. Eine zweite Reihe Versuche wurde mit Brusttönen angestellt.

Bruststimme.

Gleiche Töne an Stärke zunehmend.		Abnehmende Spannung.	Zunehmender Luftdruck, Wassersäule von
piano	$\overline{h}$	4 Loth.	6 par. Zoll.
	$\overline{h}$	2 »	8 » »
	$\overline{h}$	1 »	10 » »
forte	$\overline{h}$	$\frac{1}{2}$ »	12 » »
piano	$\overline{c}$	4 »	6 » »
	$\overline{c}$	2 »	9 » »
forte	$\overline{c}$	1 »	11 » »
piano	$\overline{fis}$	2 »	$2\frac{1}{2}$ » »
	$\overline{fis}$	1 »	5 » »
	$\overline{fis}$	$\frac{1}{2}$ »	7 » »
forte	$\overline{fis}$	$\frac{1}{4}$ »	8 » »
piano	$\overline{h}$	2 »	$4\frac{1}{2}$ » »
	$\overline{h}$	1 »	8 » »
forte	$\overline{h}$	$\frac{1}{2}$ »	10 » »
piano	$\overline{\overline{c}}$	4 »	$5\frac{1}{2}$ » »
	$\overline{\overline{c}}$	2 »	$8\frac{1}{2}$ » »
	$\overline{\overline{c}}$	1 »	$10\frac{1}{2}$ » »
forte	$\overline{\overline{c}}$	$\frac{1}{2}$ »	+12 » »
piano	$\overline{ais}$	4 »	$4\frac{1}{2}$ » »
	$\overline{ais}$	2 »	7 » »
forte	$\overline{ais}$	1 »	9 » »

Gleiche Töne an Stärke zunehmend.	Abnehmende Spannung.	Zunehmender Luftdruck, Wassersäule von
piano $\overline{d}$	4 Loth.	7 par. Zoll.
$\overline{d}$	2 „	11 „ „
$\overline{d}$	1 „	12 „ „
forte $\overline{d}$	$\frac{1}{2}$ „	13 „ „
piano $\overline{\overline{cis}}$	8 „	5 „ „
$\overline{\overline{cis}}$	4 „	8 „ „
$\overline{\overline{cis}}$	2 „	11 „ „
forte $\overline{\overline{cis}}$	1 „	13 „ „

Aus allem diesem geht nun hervor, daß bei der Compensation des Luftdruckes und der Spannung der Bänder am menschlichen Stimmorgan, wenn ersterer von 1 bis 2 zunimmt, letztere ungefähr von 1 bis 4 oder selbst von 1 bis 8 abnehmen muss. Blicke sich das Abnehmen der Spannung im Verhältniss von 4:1 bei dem Wachsen des Luftdrucks von 1:2 gleich, so könnte man behaupten, dass die Spannung im umgekehrten Verhältniss der Quadrate des Luftdrucks abnehmen müsse. Zu diesem Schluss berechtigen die Versuche indess durchaus nicht. Denn in mehreren Fällen musste die Spannung im Verhältniss von 8:1 abnehmen, wenn der Luftdruck im Verhältniss von 1:2 zunahm, und in anderen Fällen war beim Wachsthum des Luftdrucks von 1:2 das Abnehmen der Spannung zwischen 4:1 und 8:1. Wir wollen also, um sicher zu gehen, uns nicht zu bestimmt ausdrücken und bei dem ohngefähren Resultat stehen bleiben.

Dass die Verlängerung und Verkürzung des Rohrs vor den Stimmbändern, und hinter denselben am menschlichen Organ, keinen merklichen Einfluss auf die Höhe des Tons hat, habe ich schon früher bewiesen und meine neuern Versuche an den stärksten Brusttönen bestätigen dieß vollkommen.

Zur Erzeugung der Bruststimme, bei welcher die ganze Breite der Stimmbänder und alle umgebenden Theile heftig schwingen, und zum Ausschluss des Falsets, bei welchem nicht die ganze Breite der Bänder, sondern nur ihr Rand schwingt, ist ein seitlicher Druck auf die Stimmbänder nöthig, welcher im Leben durch den *Musculus thyreoarytenoideus* ausgeführt, am präparirten Kehlkopf aber durch die Schenkel einer Pincette ersetzt werden kann, wie ich bereits vor längerer Zeit zeigte. Es fragt sich nun, ob die Stärke dieses Drucks nicht auch bei der Compensation in Betracht kommt. Bei einfacheren Versuchen reicht, um das Register der Bruststimme am ausgeschnittenen Kehlkopf hervorzubringen, eine gelinde seitliche Compression durch die Fig. 5 abgebildete Pincette hin, deren Stellung über dem Stimmorgan Fig. 6 erläutert. Sie kann durch den dort abgebildeten Mechanismus vorwärts und rückwärts, auf und abwärts gestellt werden. Soll sich der vordere Steg noch am Kehlkopf befinden, so weit er nöthig ist, um durch Herabziehen des Stegs oder Schild-

knorpels die Bänder zu spannen (Fig. 1.), so schneidet man bloss den obern überflüssigen Theil des Schildknorpels und die weichen Theile bis auf die unteren Stimmbänder ab, worauf man das Präparat Fig. 4. erhält. Um die Schenkel der Pincette bequem an die Bänder anlegen zu können, ist es nöthig den seitlichen Umfang der Bänder und den sie bedeckenden Musculus thyreoarytenoidens frei zu machen, dann wird die Pincette so tief gestellt, daß ihre Schenkel von 5—6" Breite an den Bändern anliegen; durch die Schraube, welche die Schenkel der Pincette verbindet, läßt sich der Druck verstärken und die Stimmritze immer mehr verengen. Je höher die Brusttöne werden, um so enger muss die Stimmritze sein um einen guten Klang zu erhalten, und um so mehr muss die Schraube angezogen werden. Die grösste Abspannung der Stimmbänder wird durch die Schnur γ Fig. 4 und Fig. 6 bewirkt, die durch eine Spalte des Pfostens N durchgeleitet, bei γ' über eine Rolle geleitet und durch Gewichte beschwert wird. Wenn alle Spannung nach vorn aufgehört, erhält man die tiefsten Brusttöne erst durch diese Art der Abspannung.

Will man sich einer, durch Gewichte zu messenden Spannung der Bänder durch Zug in der Richtung ihrer Länge bedienen, so muss natürlich der vordere Steg aus seinem Hypomochlion gelöst, und der ganze Schildknorpel ohne Verletzung der Höhle des Kehlkopfes bis auf die vordere Befestigung der Stimmbänder abgeschnitten werden. Hierdurch erhält man die Präparation Fig. 3. Nun lassen sich die Schenkel der Pincette noch bequemer anlegen.

Für genauere Versuche über die Wirkung der seitlichen Compression der Stimmbänder bei der Bruststimme reicht die erwähnte und Fig. 5 abgebildete Pincette nicht hin, da man den Druck und die Annäherung der Schenkel der Pincette hieran nicht messen kann. Zur Messung der Annäherung der Schenkel dient das Fig. 7 abgebildete Compressorium, welches auf dieselbe Weise wie die Pincette Fig. 5 am Apparat Fig. 6 gestellt und bewegt werden kann.

Die Schenkel des Compressoriums Fig. 7 gehen in einer Fuge an der untern Seite des Stücks ab , sie werden durch die in 2 entgegengesetzten Richtungen gewundene Schraube cd einander genähert und von einander entfernt, bei f befindet sich der Massstab in Millim. eingetheilt, der Fortsatz e bewegt sich mit dem Schenkel g gleichzeitig und dient zur Erleichterung des Ablesens an der Eintheilung des Massstabs. Beide Schenkel g und h bewegen sich immer zugleich und gleich viel vom Anfang des Massstab ab oder ihm zu.

Das Compressorium Fig. 9 kann wieder auf dieselbe Weise am Apparat Fig. 10 aufgestellt werden. Es dient zur Messung des Drucks der Schenkel durch Gewichte. Die Grundstücke der Schenkel c, d sind in einer Fuge des queren Stücks ab beweglich, und können darin beliebig durch Schrauben gestellt werden, die Schenkel selbst e, f sind an den Grundstücken c, d in ganz freien Charnieren beweglich, g, h sind Schnüre, welche die Schenkel gegen einander bewegen und durch Gewichte angezogen werden, wie es der Fig. 10 abgebildete Apparat erläutert.

In den zahlreichen über die Bruststimme angestellten Versuchen zeigte sich bei Verstärkung des Drucks der Schenkel bald ein Einfluss auf die Höhe des Tons, bald aber auch innerhalb gewisser Grenzen keiner. Diess beweist, dass die Erhöhung des Tons bei gleicher Spannung unter stärkerer Compression der Bänder von einem Nebenumstande abhängen müsse, und dass, wenn dieser Nebenumstand einzuwirken aufhört, die veränderliche Compression innerhalb gewisser Grenzen auf die Höhe des Tons keinen Einfluss hat. Ein Beispiel der erstern Art liefert der folgende Versuch, wobei der Druck auf die Bänder durch Gewichte gemessen wurde.

Spannung der Stimmbänder.	Töne.	Druck auf die Bänder auf jeder Seite.
0	$\overline{h}$	6,25 Loth incl. 0,25 Gewicht der Schale und Schnur.
	$\overline{a}$	5,75 „
	$\overline{g}$	5,25 „
	$\overline{f}$	4,75 „
	$\overline{dis}$	4,25 „
	$\overline{d}$	3,75 „
	$\overline{cis}$	3,25 „
	$\overline{h}$	2,75 „
	$\overline{a}$	2,25 „
	$\overline{g}$	1,75 „

Ich glaube bemerkt zu haben, dass die Erhöhung des Tons zufolge der Zusammendrückung der Bänder immer dann erfolgte, wenn die Compression zugleich auf die Spannung der Bänder einwirkte, oder einen Theil der Stimmritze vorzugsweise verengte und dadurch die Länge der schwingenden Theile verkürzte oder wenn der Luftdruck zunahm. Je stärker der Druck auf die Bänder wird, um so mehr muss man im Allgemeinen den Luftdruck etwas verstärken, um die Töne zu erhalten. Dieser erhöht aber den Ton. In manchen Fällen hoben sich zwar die Töne auch bei gleichem, durch das Manometer gemessenen Luftdruck, dann schien eine der vorerwähnten Ursachen Schuld zu sein. Jedenfalls gelang es in einzelnen Versuchen bei zunehmendem Druck auf die Bänder und bei gleichem mittleren Luftdruck, wie ihn das Manometer auswies, die Töne auf gleicher Höhe zu halten. Der Ton blieb sich in einem Fall in der Höhe gleich, bei Verstärkung des Drucks auf die Bänder von einem Minimum bis zu 6 Loth auf jeder Seite. Aber die stärkere Compression wird deswegen auch in allen Fällen für die Erzeugung der höhern Brusttöne wichtig und nothwendig, weil sich bei engerer Stimmritze durch Verstärkung des Luftdrucks durch Blasen viel höhere Töne erzielen lassen, als es sonst möglich ist. Die Spannung reicht zur Erzeugung der höhern Brusttöne nicht hin, wie ich schon früher zeigte. Je stärker die Stimmbänder gespannt werden, um so leichter tritt Falset ein. In den Fällen, wo der Ton bei gleicher Spannung unter zunehmender Compression der Stimmbänder

sich an Höhe gleich blieb, war der Ton im Klang, je nach der Compression der Stimmbänder, sehr verschieden. Bei einer gewissen Stärke des Drucks hatten die Brusttöne ihren vollsten Klang, bei weiterer Verstärkung nahm der Klang an Fülle ab und bekam eine gepresste Schwäche, die wir auch künstlich an uns selbst hervorbringen können.

In dieser Hinsicht ist also dem menschlichen Stimmorgan eine neue Bedingung zu einer sehr umfangreichen Aenderung des Klanges gegeben und man erstaunt, daß die Mittel, welche wir in der Modulation der Sänger bewundern, bis so weit sich physikalisch am Stimmorgan nachweisen lassen. Jedes Organ kann dieselben Töne, frei und gepresst, geben in den mannigfaltigsten Verschiedenheiten, die Uebung und Schule des Gesangs bringt dem Sänger alle seine Mittel zum Bewußtsein und lehrt die Mittel so anzuwenden, daß er nur die angenehmsten Töne producirt.

Alle bis jetzt erläuterten Facta sind an Kehlköpfen wahrzunehmen, die nur die unteren Stimmbänder besitzen, und an denen die oberen Stimmbänder und die morgagnischen Ventrikel weggeschnitten sind. Die Versuche müssen in ganzer Vollständigkeit zuerst in dieser Weise angestellt werden, ehe man weiter gehen kann. Denn man muss die Wirkungen aller Elemente für sich kennen, ehe man ihren Antheil an dem zusammengesetzten Mechanismus studiren will.

Ich habe es nicht versäumt sofort auch den Antheil der elastischen Wände über den unteren Stimmbändern zu studiren. Der nächste Schritt ist, daß man die Versuche an Kehlköpfen anstellt, welche den Kehldeckel, die oberen Stimmbänder und die morgagnischen Ventrikel noch besitzen. Das Verfahren ist ganz dasselbe wie bei den vorigen Versuchen. Die Basen der Cartilagine arytenoideae müssen zusammengebunden und als hintere Wand des Kehlkopfes befestigt werden. Man wird sich bald überzeugen, daß die Töne im Klang ganz dieselben sind, und daß man hierbei durchaus keine neuen Elemente kennen lernt. Um die Bruststimme zu erhalten ist es wieder nöthig, die Stimmbänder durch seitlichen Druck einander zu nähern. Ich habe mir die Frage vorgelegt, ob die obere Stimmbänder, welche durch die elastische Bedeckung der Ventrikel mit den unteren Stimmbändern zusammenhängen, vielleicht in einem Verhältniss der Compensation zu den unteren Bändern stehen, so daß z. B. ungleiche Spannungen der oberen und unteren Bänder sich compensiren, wie man es der Theorie nach erwarten muss, daß ein der Spannung der unteren Bänder entsprechender Ton durch geringere Spannung der oberen Bänder vertieft würde und umgekehrt. Um diess auszumitteln, habe ich an einem und demselben in seiner Befestigung bleibenden Kehlkopf den höchsten, durch das Maximum der Spannung erreichbaren Ton bestimmt, bei vorhandenen oberen Bändern und hernach noch einmal nach Wegnahme derselben und der morgagnischen Ventrikel. Die oberen Bänder modificirten aber merklich die Höhe des Tons nicht. Dass die oberen Bänder und die Ventrikel nicht zur Stimmbildung nothwendig sind, ergiebt sich schon aus ihrem Mangel bei vielen Säugethieren, namentlich den

Wiederkäuern. Dagegen müssen sie allerdings zur Verstärkung des Klanges beitragen, und man sieht sie, wie die Wände der morgagnischen Ventrikel, namentlich bei der Bruststimme stark mitschwingen, was aber von allen elastischen Membranen am Kehlkopf, auch vom Ligamentum cricothyreoideum gilt. Nur wenn die oberen Stimmbänder zu sehr genähert sind, gaben sie auch eigene Töne an. Tiefe brummende Töne gab auch der Kehldeckel zuweilen an, wenn er die nöthige Stellung zum Luftstrom hatte, diese Töne waren weit von den Tönen der untern Stimmbänder verschieden.

Die Stimme wird durch Herabdrücken des Kehldeckels im Timbre sehr, in der Höhe kaum etwas verändert. Man muss jedoch vermeiden, dass bei diesem Versuch beim Herabdrücken des Kehldeckels nicht eine Spannung in den elastischen Membranen eintritt, die mit dem Kehldeckel und hinwieder mit den Stimmbändern im Zusammenhang stehen. Geschieht diess, was sehr leicht ist, so erhöht sich natürlich der Ton. Um alle Täuschung zu vermeiden, ist es am besten den Kehldeckel abzuschneiden, und indem man ihn in eine Pinzette fasst, abwechselnd damit den Eingang des Kehlkopfes zu bedecken und ihn wieder zu entfernen. Bei Kautschouckzungen wirkt ein Obturator vor den Bändern leicht erhöhend, wie ich an einem andern Orte zeigte, und nach der Theorie sollte man auch hier ähnliches vom Kehldeckel erwarten. Es schien mir jedoch kaum einigemal eine irgend merkliche Aenderung einzutreten. Die gänzliche Entfernung des Kehldeckels verändert übrigens die Stimme nicht wesentlich. Die Erhöhung des Tons bei stärkerm Blasen wird durch den Kehldeckel nicht verhindert. Am lebenden Körper wird durch Verengung des Aditus glottidis superior vermittelt der Zunge und mit Hülfe des Kehldeckels das Timbre der Stimme bis zur Nasenstimme, und zur Nachahmung der Thier- und eigenthümlichen Menschenstimmen verändert.

Bei den Versuchen über die Erzeugung der Bruststimme an Kehlköpfen, die nach der von mir angegebenen Weise präparirt sind, kommen Brusttöne zum Vorschein, welche eine vollkommene Aehnlichkeit mit den Brusttönen der menschlichen Stimme haben, obgleich alle Theile über den untern Stimmbändern abgeschnitten sind. Ich habe die Versuche auch so angestellt, dass nicht bloss die morgagnischen Ventrikel, die oberen Stimmbänder, der Kehldeckel, sondern auch die Fauces mit Nase und Mund erhalten waren, indem ich dieselben Mittel anwandte, deren Einfluss ich schon im Einzelnen studirt hatte. Hierbei habe ich abermals keine neuen Elemente kennen gelernt, aber der Klang der Stimme wird der menschlichen noch ähnlicher, und bei den von mir noch anzugebenden Vorrichtungen zuweilen so ähnlich, dass aller Unterschied des lebenden Körpers und der Maschine verschwunden ist. Diese Versuche sind viel schwieriger als die vorhergehenden. Es kommt abermals auf Fixation und Unterwerfung des Kehlkopfs dem Mass und Gewicht an; diese Anwendung ist aber gerade hier viel schwieriger. Ich verfähre folgendermassen:

Der Kopf einer Leiche wird so abgeschnitten, dass der ganze Stimmapparat mit einem Theil der Luftröhre daran hängt. Die

Halswirbel werden dann weggenommen, wie bei der Präparation des Schlundes, der Kehlkopf vorn bloss gelegt, der Schlund hinter den Cartilagine arytenoideae geöffnet, diese Knorpel auf einer querdurchgezogenen dicken Stecknadel fest und zusammengebunden, ganz so wie bei den ausgeschnittenen Kehlköpfen, die Schnur dieser Ligatur durch den Schlitz des Schlundes ausgeleitet, und der Schlund wieder fest zugenäht, und an seinem untern Ende unterbunden. Der Kopf mit dem Stimmapparat wird dann, wie in Fig. 12 abgebildet ist, aufgehängt, die hintere Wand des Stimmapparats wie gewöhnlich an den Pfeiler befestigt, und besonders die von den Cartilagine arytenoideae gebildete Wand durch die erwähnte Schnur befestigt. Nun wird der Schildknorpel bis zur Befestigungsstelle der Stimmbänder abgeschnitten, also wie Fig. 3 präparirt. Die Schleimhaut des Kehlkopfes darf hierbei nicht verletzt werden. Von dem Rest des Schildknorpels wird eine Schnur zur Spannung der Stimmbänder in horizontaler Richtung abgeführt und über die Rolle geleitet.

Zur Compression der Stimmbänder von den Seiten ist der Fig. 11 abgebildete Apparat nöthig. Er ist nur eine Modification des Compressoriums Fig. 7. Von den Schenkeln des Compressoriums gehen nämlich in senkrechter Richtung zwei andere Schenkel ab, die auf die abgebildete Weise gebogen sind. Das Compressorium wird, wie Fig. 12 abgebildet ist, aufgestellt und die Gegend der Stimmbänder comprimirt. Weiteres lässt sich nicht angeben. Man wird bald Lage der Pincette, Stärke des Druckes zu einem guten Ton durch Abänderung der Bedingungen finden. Bei diesen Versuchen sieht man, wie bei den Brusttönen die elastische Bekleidung der morgagnischen Ventrikel, die elastische Membrana obturatoria zwischen Zungenbein und Kehlkopf heftig mitschwingen.

Bei Bewegung der Lippen kann man selbst zur Bildung einiger Consonanten schreiten, M und W gelingen sehr leicht, auch die Vocale U und A durch die nöthigen Veränderungen der Mundöffnung.

Ein Umstand, der noch erwähnt zu werden verdient, ist der Umfang der Stimme an ausgeschnittenen Kehlköpfen im Vergleich mit der Stimme lebender Menschen. Ich habe schon in meiner ersten Abhandlung erwähnt, dass man an ausgeschnittenen männlichen Kehlköpfen durch grössere Spannung der Bänder viel höhere Töne erhalten kann, als die männliche Stimme des lebenden Menschen gewöhnlich zu geben vermag. In den oben angeführten Versuchen konnte durch Spannung der Bänder mehr als 2

Octaven von *ais* bis *dis* erzielt werden. Man darf dieses jedoch nicht für einen Widerspruch des Experimentes an leblosen Theilen mit der lebenden Natur halten. Dieses Register von *ais* bis *dis* liegt allerdings zum Theil viel höher, als das Register der männlichen Stimme. Aber die tieferen Töne der männlichen Stimme wurden an diesem Kehlkopf auch erzielt, nämlich durch noch grössere Abspannung der Stimmbänder, als sie im scheinbar spannungslosen Zustand sind. Da das elastische Ligamentum cricothyreoideum selbst im

scheinbar schlaffen Zustand der Stimmbänder noch am vordern Steg zieht, so kann natürlich das Maximum der Abspannung nur durch einen Gegenzug erreicht werden, indem der Schildknorpel durch eine mit Gewichten beschwerte Schnur der hintern Wand des Kehlkopfes genähert wird (Fig. 4, 6), eine Bewegung, die der *Musculus thyreoarytenoideus* auszuführen vermag. Findet hierbei zugleich seitliche Compression der Stimmbänder statt, die im lebenden Zustand auch durch denselben Muskel ausgeführt wird, so erreicht man leicht *c* und *H* und kömmt also zu den tieferen Tönen der männlichen Stimme. Diess erläutert der schon in der frühern Abhandlung pag. 194 angeführte Versuch an einem Kehlkopf, der bei 3 Loth Gewicht Zug nach unten zur Spannung der Stimmbänder $\overline{e}$ und bei 37 Loth $\overline{\overline{dis}}$ gab. Die Abspannung von dem Zustand für $\overline{e}$ aus wurde durch eine von der Incisur des Schildknorpels rückwärts über eine Rolle gehende Schnur bewirkt. Je mehr diese Schnur durch Gewichte beschwert wurde, um so tiefer wurden die Töne.

Töne.	Gewichte zur Erschlaffung der Stimmbänder.
$\overline{\overline{dis}}$	$\frac{3}{10}$ Loth.
$\overline{d}$	$\frac{1}{2}$
$\overline{cis}$	1
$\overline{c}$	$1\frac{3}{10}$
<i>h</i>	$1\frac{4}{10}$
<i>aïs</i>	$1\frac{1}{2}$
<i>a</i>	$1\frac{7}{10}$
<i>e</i> und <i>gis</i> nacheinander	$2\frac{2}{10}$
<i>e</i>	$2\frac{4}{10}$
<i>dis</i>	$2\frac{6}{10}$
<i>d</i>	$2\frac{8}{10}$
<i>cis</i>	$3\frac{5}{10}$
<i>H</i>	$3\frac{3}{10}$

Derselbe Kehlkopf, dessen Töne durch Spannung bis $\overline{\overline{dis}}$ getrieben werden könnten, war durch das Maximum der Erschlaffung fähig, seine Töne bis *H* zu erniedrigen. Diess war der beste Kehlkopf, der mir unter meinen zahlreichen Versuchen vorgekommen ist. Es lassen sich also alle Töne der männlichen Stimme am ausgeschnittenen Kehlkopf nachbilden, und was die Höhe betrifft noch viel mehr. Dass der männliche Kehlkopf am lebenden Menschen nicht so hoch geht, erklärt sich einfach aus der wahrscheinlichen Annahme, dass durch die Muskeln keine so grosse Spannung möglich ist, als man sie am ausgeschnittenen Kehlkopf durch Gewichte hervorbringen kann.

Dass das menschliche Stimmorgan, wie dasjenige der Säugethiere ein Zungenwerk mit membranösen Zungen ist; habe ich

in meiner frühern Schrift bewiesen. Der Begriff der Zungen ist früher viel zu einseitig aufgefasst worden, indem man dazu für nöthig hielt, dass der Strom der Luft zwischen je 2 Stößen oder Schwingungen der Luft vollständig unterbrochen werde. Dasselbe Instrument mit membranösen Zungen verliert den Character seiner Töne nicht, mag die Unterbrechung vollständig oder unvollständig sein, und die Schwingungen einer membranösen Platte haben noch denselben Character, wenn sie von der Luft in Schwingung gesetzt in freier Luft schwingt, wie ich ebenfalls bereits gezeigt habe. Zu jedem Zungenwerk gehören, ausser der mitschwingenden, den Ton der Zunge modificirenden Luftsäule, welche vorhanden sein, aber auch fehlen kann, 3 Bedingungen: 1. Eine in Schwingung zu versetzende Platte von Metall, Holz, Membran, breit oder schmal, sie kann selbst ein saitenartiger Streifen sein. 2. Anspruch derselben durch die Luft, welche nach der Stärke des Stosses den primitiven Ton der Platte in der Höhe modificirt. 3. Theilweise oder gänzliche Unterbrechung des Luftstroms zwischen den Schwingungen oder Stößen. Die theilweise Unterbrechung des Luftstroms ist selbst dann noch vorhanden, wenn eine membranöse Zunge frei in der Luft durch einen feinen Luftstrom angesprochen wird; denn der Strom der Luft treibt die membranöse Platte ab, und die Platte, vermöge ihrer Elasticität wiederkehrend, unterbricht den Strom theilweise, bis sie wieder abgetrieben wird. Je vollständiger die Unterbrechung des Luftstroms ist, um so klangvoller sind die Zungentöne.

In meiner frühern Schrift habe ich bemerkt, dass die Schwingungen der Platte zu dem Klang der Zungenwerke ebenso viel beitragen, als die Unterbrechungen des Luftstroms. Bei den membranösen Zungenwerken hängt das eigenthümliche Timbre des Membranentons, welches von dem Timbre der blossen Luftschwingungen sehr verschieden ist, viel von den Schwingungen der Membran ab. Man kann sich direct durch akustische Versuche überzeugen, wie viel der Zunge und wie viel der Luft bei den Tönen der Zungenwerke zukömmt. Wenn man nämlich sich die Ohren durch Stopfen gekauten Papiers verstopft und einen Stab an den Stopfen hält, so ist dieser Stab ganz geeignet Schwingungen fester Theile vollständig aufzunehmen und an die festen Theile des Gehörorganes, mit denen er in Verbindung ist, überzuleiten. Dahingegen er als fester Körper nicht geeignet ist, die Schwingungen der Luft selbst gut zu leiten. Indem man also den Stab als Conductor zwischen eine schwingende Zunge und den Stopfen im Ohr bringt, wird man die Schwingungen der Zunge selbst hören. Bei künstlichen Kehlköpfen mit Kautschouckzungen legt man den Stab an den Ring oder an das Rohr, auf welches die Zunge gespannt ist, am Kehlkopf kann man ihn an einen der Knorpel legen. Die Schwingungen werden hierbei sehr stark vernommen. Ohne den Stab und ohne den Stopfen im Ohr hört man dagegen die Schwingungen der Luft des Zungenwerkes am besten, weil die Luft der beste Leiter für Schwingungen der Luft ist.

Bei einem comparativen Versuch die Mitschwingungen der Röhre einer Flöte, worin bloss die Luft den Ton hervorbringt,

durch einen Stab zu hören, vernimmt man zwar auch diesen, aber verhältnissmässig nur schwach, und jedenfalls schwächer, als die Schwingungen aus den festen Theilen eines Zungenwerkes.

Vögel und Amphibien.

Bei den Vögeln sind die Mittel der Compensation sehr vielfach, die Stimmbänder, die mit ihnen in Verbindung stehenden Membranen, die Annäherung und Entfernung der Stimmbänder und ihre Spannung, die Luftsäule der Luftröhre, die Verlängerung und Verkürzung derselben, die Stärke des Luftdrucks. Wir wollen diese Elemente zuerst am Stimmorgan des Papageien erläutern. Die Papageien gehören unter diejenigen Vögel, bei denen die Stimme hauptsächlich von der Schwingung der Stimmbänder als Zungenbänder abhängt, und wo die Luftsäule der Luftröhre und der Bronchien durch ihre Mitschwingung den Ton modificirt. Die Stimmritze ist hier bekanntlich einfach, sie haben den mittlern Riegel der andern Vögel nicht. Eine Abbildung des untern Kehlkopfs des *Psittacus Ararauna* gab bereits A. v. HUMBOLDT. Die wesentlichen Theile des Stimmorgans sind folgende: An den concaven untern Seitenrändern der Trommel Fig. 13 *c* liegen zwei halbmondförmige Knorpel oder Knochen *a*, deren Spitzen bei einigen Papageien etwas gekrümmt sind, ein entgegengesetzter halbmondförmiger Knorpel *b* bildet den Anfang des Luftröhrenastes, zwischen beiden befindet sich Haut *a'b'*, die, soweit sie in den obern Halbmond eingefasst ist *a'*, gespannt ist. Die Membran, welche den obern und untern Halbmond vereinigt, bildet einen nach innen vorspringenden Winkel α Fig. 14, die beiden Winkel entgegengesetzter Seite schliessen die Stimmritze ein. Wird der Bronchus nach aufwärts gezogen, so wird dieser Winkel schärfer und springt mehr nach innen vor. Indem sich die Winkel beider Seiten nähern, wird die Stimmritze verengert. Zu dieser Bewegung des Bronchus dienen die Muskeln *a* und *b*. Bei grösster Annäherung ist die Stimmritze nur eine ganz feine Spalte. Zur Erweiterung der Stimmritze dient der Muskel *c*, welcher den halbmondförmigen obern Rahmen der Membran auswärts zieht, wie in Fig. 15. Die halbmondförmigen obern Rahmen bilden mit dem untern Rande des Kehlkopfes eine Art falsches Gelenk, und bewegen sich einwärts und auswärts wie 2 Ventile, indem die in dem Rahmen ausgespannten Membranen dieser Bewegung folgen. Der Rand, welchen die Luft zunächst anstösst, ist der Winkel zwischen der gespannten Membran des halbmondförmigen obern Ventils und der schlaffen Membran bis zum halbmondförmigen ersten Bronchusknorpel. An der innern Fläche des Randes dieses Winkels sitzt bei einigen Papageien ein häutiger Streifen, der durch den Wind zunächst in Schwingung versetzt wird, worauf sich die Schwingung der obern und untern halbmondförmigen Membran, welche den Faltenwinkel bilden, mittheilt.

An dem Stimmorgan des *Psittacus Ararauna* bringe ich sehr starke Töne hervor, mag ich in die Luftröhre oder in die Bronchien blasen. Im letztern Fall haben die Töne die vollkommenste Aehnlichkeit mit dem durchdringenden Geschrei der Papageien.

Dieses Stimmorgan eignet sich vor denen aller andern Vögel zu Versuchen, weil hier alles fest ist. Man hat es in der Gewalt die festen und wie in Gelenken beweglichen Ventile an dem soliden Kehlkopf zu nähern und zu entfernen. Nichts giebt hier nach, auch die Luftröhre ist sehr fest und kann dabei auf die Hälfte verkürzt werden.

Bei den kleinen Singvögeln, die eine umfangreichere Stimme haben, sind sichere Versuche ganz unmöglich, wegen der grossen Beweglichkeit der Theile, und man weiss nicht, in wie weit der Erfolg einer beabsichtigten Veränderung von dieser oder von anderen Nebenumständen abhängt. Den Kehlkopf grösserer Papageien kann man befestigen und auf die sicherste Weise alle Einflüsse unter Controlle stellen. Durch successive Verstärkung des Luftdrucks konnte ich an diesem Organ den Ton ganz successive bis auf eine Quinte und mehr erhöhen.

Durch Veränderung der Stimmbänder beim Blasen in die Luftröhre brachte ich alle möglichen Töne innerhalb mehrerer Octaven hervor. Der Grundton des Kehlkopfes war z. B. im ruhigen Zustande und beim schwächsten Blasen durch die Luftröhre f unter c , zog ich nun die Muskel an, welche die bezeichneten Ventile nähern oder die Stimmritze verengern, so konnte je nach der Stärke des Zuges der Ton successiv und ohne alle Intervalle von f bis c erhoben werden. Noch leichter gelingt diess vermittelst Zusammendrückung der Ventile, sei es, dass man diese Stelle des Kehlkopfs mit den darauf liegenden Muskeln mit den Fingern drückt, oder dass man sie in das Compressorium Fig. 5 bringt und den Druck mittelst der Schraube verstärkt. Mittelst der Vorrichtung Fig. 8 liess sich dieser Druck durch Gewichte messen.

Fig. 8 ist eine senkrecht aufgestellte und mittelst ihres einen Schenkels feststehende Pincette, der andere Schenkel h ist durch ein Scharnier m frei und ohne Feder an dem verschiebbaren Querbalken beweglich. Von dem beweglichen Schenkel geht eine Schnur durch die Oeffnung des Schenkels g über eine Rolle. Diese Schnur wird mit Gewichten beschwert, während der Kehlkopf des Papageien mit den Muskeln zwischen den Enden der Pincette gefasst wird, Fig. 16.

Töne.	Gewichte.
$\overline{d}$	0,25 L. Gewicht der Schale und Schnur.
$\overline{dis}$	0,45
$\overline{e}$	0,55
$\overline{f}$	1,25
$\overline{fis}$	1,75
$\overline{g}$	2,25

Töne.	Gewichte.
$\overline{\overline{gis}}$	3,25
$\overline{\overline{ais}}$	3,75
$\overline{\overline{h}}$	4,25
$\overline{\overline{c}}$	5,25
$\overline{\overline{cis}}$	6,25
$\overline{\overline{d}}$	7,25
$\overline{\overline{dis}}$	8,25
$\overline{\overline{e}}$	9,25 — 10,25

Bei dieser Erhöhung combiniren sich die Wirkungen des Druckes auf den Kehlkopf und die Wirkungen des steigenden Luftdruckes. Durch die Compression der Klappen über der Glottis wird die Stimmritze nicht bloss enger, sondern auch die Labia, welche von den Winkeln der Membran zwischen dem obern und untern halbmondförmigen Knorpel gebildet werden, schärfer und gespannter. Daher hauptsächlich die Erhöhung. Aber je enger die Stimmritze wird, um so grösserer Luftdruck ist auch zur Erzielung des Grundtons der Labia nöthig. Dieser stärkere Luftdruck ist auch bei der Erhöhung in Anschlag zu bringen. Denn wurde, bei gleichem Druck auf die Labia, der Luftdruck successive verstärkt, so konnte der Ton bequem bis auf eine Quinte successive und ohne Intervalle erhöht werden. Diese Erhöhung war unangenehm und geräuschvoll, durch Verbindung der seitlichen Compression des Kehlkopfes wurden dagegen die höchsten Töne noch rein gewonnen.

Um mich zu überzeugen, dass die Erhöhung der Töne bei der Zusammendrückung der Klappen nicht bloss von der Verstärkung des Luftdrucks abhänge, wurde die Erhöhung bei zunehmender Compression der Labia, aber gleicher Tension der Luft gemessen. Es wurde nämlich der manometrische Apparat mit der Luftröhre des Papageien verbunden, während der Kehlkopf im Compressorium stand, und ein mittlerer gleicher Luftdruck nach Angabe des Manometers erzielt.

Gleicher Luftdruck, Wassersäule von	Gewichte des Compressoriums.	Töne.
16 Centim. Wasser.	$\frac{3}{4}$ Loth.	$\overline{\overline{g}}$
16	$1\frac{1}{4}$	$\overline{\overline{gis}}$
16	$2\frac{1}{4}$	$\overline{\overline{a}}$
16	$3\frac{3}{4}$	$\overline{\overline{ais}}$
16	$5\frac{3}{4}$	$\overline{\overline{h}}$
16	$8\frac{1}{4}$	$\overline{\overline{c}}$

Der Luftdruck allein brachte bei gleichbleibender Compression der Labien eine Erhöhung um einen halben Ton zu Stande, wenn die Tension der Luft um einige Centimeter sich erhob.

Gewichte des Compressoriums.	Luftdruck, Wassersäule von	Töne.
$2\frac{1}{4}$ Loth.	10 Centim. Wasser.	<u><u>g</u></u>
$2\frac{1}{4}$	12	<u><u>gis</u></u>
$2\frac{1}{4}$	16	<u><u>a</u></u>

CUVIER hatte aus theoretischen Voraussetzungen angenommen, dass durch Veränderung der Labia der Glottis der Vögel die harmonischen oder Flageolettöne des Grundtons hervorgebracht werden können, wie die Octave, die Quinte der Octave, die nächste Octave, ihre Terze und Quinte, Octave u. s. w. Aus unseren Versuchen ergibt sich aber, dass alle möglichen und denkbaren Töne und nicht bloss die harmonischen von einem Minimum bis zu einem Maximum hervorgebracht werden.

Was die Veränderung des Grundtons durch die Luftsäule des Rohrs betrifft, so hatte CUVIER bekanntlich auch eine Modification nach Art der Flöten angenommen, und vorausgesetzt, dass die Verkürzung der Luftröhre um $\frac{1}{9}$ den Ton vom Grundton auf den nächsten der Scala hervorbringe. Unsere Versuche zeigen jedoch, dass diese Verkürzung ganz wie bei den Zungenwerken einwirkt. Wurde die Luftröhre als Windrohr gebraucht, so dass das Stimmorgan am freien Ende war, so brachte eine Verkürzung der 4 Zoll langen Luftröhre auf die Hälfte, bald eine Erniedrigung, bald eine Erhöhung des Tons um einen halben Ton hervor, je nach den Tönen von denen man ausging. Indessen kommt jenes gerade bei den Zungenwerken unter gewissen Umständen vor. Wenn nämlich eine den Ton vertiefende Verlängerung der Luftsäule bereits dem Grundton der Bänder entsprechend ist, so bringt eine weitere Verlängerung ein Zurückspringen auf den höheren Grundton der Bänder zu Stande. Es ist daher zu erwarten, dass andere Verhältnisse des Stimmrohrs zu dem Ton der Bänder auch gerade entgegengesetzte Verhältnisse hervorgebracht haben würden.

Wurde der untere Kehlkopf in den Mund genommen, und war die Luftröhre Ansatzrohr, so konnte der Ton durch Verkürzung der Röhre auf die Hälfte ihrer Länge auf die Quinte erhöht werden. Theilweise Bedeckung der Oeffnung der Luftröhre durch den Finger vertiefte den Ton um einen halben Ton, ein Erfolg, den ich auch bei den Kautschouckzungen wahrnahm, und der bei den Trompeten und Hörnern, ebenfalls Zungenwerken, bekannt ist. Eine grössere Variation der Versuche mit künstlichen Ansatzröhren halte ich für überflüssig, da ich die hierdurch hervorgebrachten Erscheinungen bereits bei den künstlichen Kehlköpfen in meiner frühern Abhandlung erläutert habe.

Man kann die Töne, welche die Vögel von sich geben, in membranartige und flötenartige eintheilen. Flötenartige kommen bloss bei einigen der kleinen Singvögel, wie bei der Nach-

tigall u. a. vor; bei allen übrigen grösseren Vögeln sind die Töne durchaus membranartig, wie die der Hausvögel, der Palmipeden, der Raben, der Papageien, ebenso das Gezwitscher und das schmetternde Pfeifen der meisten Singvögel.

Dass die flötenartigen Töne mehrerer Vögel, wie z. B. das Tio, Tio, Tio der Nachtigall durch die Vibrationen der Luftsäule, also nach der Theorie von SAVART entstehen können, diess in Abrede zu stellen, liegen keine Thatsachen vor und ich gestehe aufrichtig, dass obgleich ich bei meinen Versuchen am Stimmorgan der Nachtigall und der Drossel zwar das gewöhnliche Pfeifen und Zwitschern der Singvögel mittelst der Schwingungen der Stimmbänder mit grosser Stärke hervorbrachte, es mir noch nicht gelungen ist, solche volle Klänge, wie sie im Gesang der Nachtigall vorkommen, hervorzubringen. Die Töne des Mundpfeifens beim Menschen entstehen lediglich durch die Schwingungen der Luft des Mundes, während die Luft durch den Mund strömt, warum sollte nicht auch die Luftsäule der Luftröhre der Vögel bei durchströmender Luft in Schwingung gerathen können? Doch gebe ich zu bedenken, dass wir auch noch keinen Beweis kennen, dass wirklich Töne auf diese Weise bei Singvögeln entstehen; denn die Erhebung der Töne bei stärkerem Blasen ist eben auch die Eigenschaft der membranösen Zungen. Wir kennen die Bedingungen noch nicht, unter welchen die durch eine Röhre durchströmende Luft in selbstständige und nicht von einer Zunge abhängige Schwingungen geräth. Alle Versuche, die ich in dieser Hinsicht anstellte, blieben fruchtlos. So leicht die Luftsäulen der Röhren ertönen, wenn über ihre Oeffnung weggeblasen wird und die Luft in der Röhre nicht in fortschreitender Bewegung ist, so schwer ist es, die Luft in einer Röhre beim Durchhauchen oder Durchblasen zum Tönen zu bringen. Sobald eine dünne Membran am Ende des Röhrchens ist, wenn es auch nur ein Saum ist, so erhält man allerdings pfeifende Töne, sie hängen aber nicht von der Länge der Luftsäule, sondern von der Spannung der Membran ab und die mitschwingende Luftsäule hat einen untergeordneten Einfluss auf die Höhe des Tones, vielmehr nur einen erheblichen Einfluss auf den Klang. Das Stimmorgan der meisten Singvögel befindet sich in diesem Fall. Die pfeifenden und zwitschernden, schmetternden Töne sind von derselben Beschaffenheit, als die eben angezeigten an künstlichen Vorrichtungen und sie hängen auch, wie ich mich überzeugt habe, hauptsächlich von den Stimmbändern ab, gehören also auch nach den vorher aufgestellten Grundsätzen über die Ursachen der Zungentöne und die Natur und Verschiedenheiten der Zungen unter die Zungentöne.

Es wird nöthig seyn, zuerst einige Versuche über die pfeifenden und zwitschernden Töne einer Membran an künstlichen Vorrichtungen von ähnlicher Art, wie sie SAVART anwandte, mitzutheilen. Ich fand folgendes Verfahren am zweckmässigsten. Man nehme Glasröhrchen von ganz beliebiger Länge und 3—4 Millimeter Durchmesser der Höhlung, und schleife das eine Ende schief ab, wie Fig. 17. Auf dieses schiefe Ende spanne man Stückchen von Goldschlägerhaut, so dass die Membran einen

grössern oder kleinern Theil der Oeffnung mit Ausnahme des spitzen Endes schliesse. Die Oeffnung, welche an den einzelnen Röhrchen übrig bleibt, sey verschieden gross. Sie betrage $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ der ganzen Oeffnung. Wird durch diese Röhrchen vom andern Ende aus geblasen, so dass der Luftstrom auf die schiefe Ebene der feinen Membran fällt, so erhält man sehr hohe pfeifende und schöne Töne, sobald der freie Rand der Membran, an welchem die Luft vorbeistreicht, befeuchtet wird. Diese Töne haben eine grosse Aehnlichkeit mit den Tönen sehr kleiner Pfeifen, und die grösste Aehnlichkeit mit dem Pfeifen und Zwitschern der Singvögel. Die Oeffnung am freien Rande der Membran kann, wie man sieht, sehr gross seyn; die Töne erfolgen noch, wenn die Hälfte der Oeffnung und mehr offen ist. Aber wir müssen auf das Bestimmteste behaupten, dass diese Töne trotz des pfeifenartigen Klanges Zungentöne sind, denn wir haben uns überzeugt, dass die Höhe des Tones durchaus nur von der Spannung der feinen Membran und nicht von der Länge des Röhrchens abhängt. Man kann die Röhre kurz oder lang machen, Röhren davorsetzen und beliebig verlängern, das Windröhrchen bis zur Membran bis auf ein Minimum verkürzen, der Pfeifenton der Membran bleibt und ist ihrer Spannung angemessen. Wäre eine Membran bloss Veranlassung, die Luftsäule der durch die Röhre strömenden Luft in Bewegung zu setzen, so würde der Ton der Länge der Röhren entsprechen. Man könnte ihn bei gleicher Spannung der Membran beliebig vertiefen und verlängern, je nach der Länge der angewandten Röhrchen. Bei den Zungenwerken hat zwar die Mitschwingung der Luftsäule auch einen Einfluss auf die Höhe des Tones, angesetzte Röhren vertiefen den Ton der Zunge, aber diese Vertiefung hat ihre Grenze; bei den Flöten, wo die Luft allein tönt, ist die Vertiefung ohne Grenze und wächst mit der Länge der Luftsäule. Aus W. WEBER'S Untersuchungen weiss man, dass mitschwingende Luftsäulen den Ton der soliden Zungen nur bis zu einer Octave vertiefen, dass der Ton bei weiterer Verlängerung auf den Grundton der Zunge zurückspringt, dass er von da aber nur wieder bis zur Octave vertieft werden kann. Zungenwerke mit membranösen Zungen verhalten sich ganz ähnlich, wie ich gezeigt habe. Oft kann jedoch viel weniger als eine Octave erzielt werden. An Kautschoukzungen gelang mir die Vertiefung durch mitschwingende Luftsäulen zuweilen gar nicht, zuweilen nur um einen halben Ton. Das Letztere findet auch beim menschlichen Stimmorgan statt, wie ich mich wiederholt überzeugt, und ebenso ist es bei den kleinen Zungenpfeifen mit Zungenbändchen von Goldschlägerhäutchen. Ich habe durch Verlängerung oder Verkürzung der Röhrchen vom Maximum bis Minimum oft gar keine Veränderung des Tones der Zunge und zuweilen nur einen Unterschied von einem halben Ton erhalten. Dagegen wurde in manchen Fällen der Klang des Tons durch die angesetzte Röhre in hohem Grade verstärkt, besonders wenn das Röhrchen mit der membranösen Zunge in eine sehr kurze, aber etwas weitere Glasröhre eingesetzt wurde, wie Fig. 18. abgebildet ist. Hiebei nahm der Ton etwas gellendes und durch-

dringendes an, ohne in der Höhe verändert zu werden. Auch war der Ton der Membran stärker, wenn 2 Luftströme schief gegen die entgegengesetzten Flächen der Membran gerichtet wurden, in der Fig. 19 abgebildeten Weise.

Die Versuche am Kehlkopf der Singvögel liefern sehr ähnliche Resultate. Ich fand am meisten zu dergleichen Versuchen das Stimmorgan der Drossel, *Turdus musicus*, geeignet. Die kleineren Singvögel bieten wegen der Kleinheit des Stimmorgans zu grosse Schwierigkeiten für die Manipulation dar. Der Kehlkopf der Drossel, der mit dem der Nachtigall und übrigen Singvögel übereinstimmt, ist aus den Untersuchungen von SAVART hinlänglich bekannt. Der wichtigste Theil des Stimmorgans ist das Ligamentum vocale externum, eine elastische, von SAVART beschriebene Schnur, welche an der innern Seite des dritten Bronchialknorpels liegt. Der Vorsprung, den sie bildet, kann durch die Bewegung der ersten Bronchialhalbringe, namentlich des dritten, vermehrt werden, und besonders ist die von SAVART beobachtete Rotation des dritten Halbringes von Wichtigkeit. Die Membrana semilunaris auf dem Riegel der Theilungsstelle der Luftröhre, welche ihren freien Rand nach der Luftröhre richtet und von SAVART beobachtet ist, scheint auch von Wichtigkeit, aber von geringerer Wichtigkeit als das Ligamentum vocale externum, wie sich aus der Beobachtung der Schwingungen ergibt, welche man beide von vorn sehen kann, wenn man die Luftröhre dicht vor dem untern Kehlkopf abschneidet. Man sieht nun, wie die äusseren Stimmbänder beim Anspruch von einem Bronchus aus vorgetrieben werden und sehr grosse Excursionen machen, während die Schwingungen der Membrana semilunaris nur sehr gering sind.

Es ist vollkommen hinreichend, von einem Luftröhrenast aus, in den eine Canüle gesetzt ist, zu blasen, während der andere Luftröhrenast geschlossen ist oder noch mit seiner Lunge zusammenhängt. Die pfeifenden Töne, die man erhält, sind ziemlich stark und ganz denjenigen der vorherbeschriebenen künstlichen Vorrichtungen ähnlich. Die Töne erfolgen leichter, wenn man die äussere Wand des Anfangs des Bronchus etwas nach einwärts drückt. Die Höhe der Töne nimmt zu, wenn man diesen Druck verstärkt und auch wenn man den Bronchus an den untern Kehlkopf herandrückt. Auf diese Art mögen wohl wie beim Papagei die meisten Tonunterschiede erzielt werden. Wurde die Luftröhre durch Abschneiden von Stücken verkürzt, so gelangen gleichwohl noch ganz ähnliche Töne, aber nicht so klangvoll, selbst nach gänzlicher Entfernung der Luftröhre bis auf den untern Kehlkopf, und jetzt konnten die Töne auch noch auf die vorher angezeigte Art verändert werden. Ich habe versucht, die Luftröhre durch Anlegen von kleinen Glasröhrchen und dadurch die mitschwingende Luftsäule zu verlängern. Es ist mir aber bei der grossen Beweglichkeit der Theile nicht gelungen, sichere Resultate zu erlangen. Indess ist nicht zu zweifeln, dass die mitschwingende Luftsäule einen ähnlichen Einfluss, wie beim Papagei haben werde, wo die Versuche allein mit Sicherheit, wegen der Grösse der Theile und wegen der Gelegenheit die Stellung der

Stimmbänder durch die beschriebene Vorrichtung zu fixiren, auszuführen sind.

Die Luft spricht am leichtesten am Stimmorgan der Singvögel an, wenn man mittelst des Buccinatorius kurz ansetzend bläst.

Der neuholländische Casuar giebt abgebrochene und sich von Zeit zu Zeit wiederholende dumpfe brummende Töne von sich, wie ich öfter zu hören Gelegenheit hatte. Der Mechanismus dieser Laute ist noch unbekannt, steht aber ohne Zweifel mit der eigenthümlichen Bildung der Luftröhre im Zusammenhang, die sich mittelst einer Spalte in einen grossen Sack öffnet. An der Theilungsstelle des untern Endes der Luftröhre befindet sich nichts, was diese Töne erklären könnte.

Was die Erweiterungen an der Luftröhre der Mergus und männlichen Enten betrifft, so läßt sich mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit der Einfluss derselben auf den Ton des untern Kehlkopfs bestimmen. Diese Erweiterungen müssen auf die Zungentöne des untern Kehlkopfs gerade so, wie längere Luftröhren ohne Erweiterungen wirken. Denn die Grundtöne der Luftsäulen dieser erweiterten Luftröhren finde ich viel tiefer, als die Grundtöne von nicht erweiterten Luftröhren gleicher Länge. Ich verglich die Grundtöne der Luftsäulen zweier getrockneter Luftröhren ohne obern und untern Kehlkopf. Beide waren von gleicher Länge, $7\frac{1}{2}$ Zoll, beide mit Ausnahme der Erweiterungen der einen 3 Linien breit. Die eine war ganz gleichförmig cylindrisch, die andere hatte 2 spindelförmige ansehnliche Erweiterungen. Gedeckt gab die cylindrische $\overline{a}$, die erweiterte $\overline{dis}$, offen gab die erstere $\overline{\overline{a}}$, die letztere $\overline{\overline{dis}}$.

Unter den Amphibien kommen die Crocodile, die Frösche und Kröten und die Pipen in Hinsicht der Stimme in Betracht.

Der Kehlkopf der Crocodile besitzt sehr starke Stimmbänder, oder Labien der Glottis, welche unter sich einen geräumigen Ventrikel auf jeder Seite haben. Sie befinden sich jederseits an einem gebogenen knorpeligen Streifen, dessen vorderes und hinteres Ende vorn und hinten am obern Umfang eines ringförmigen Knorpels befestigt sind. Diese dicken Labia gerathen beim Blasen durch die Luftröhre ganz so, wie die Stimmbänder des Menschen in Schwingung. Die Töne, die ich auf diese Weise beim Alligator lucius erhielt, gleichen den Falsettönen der menschlichen Stimme.

Beim männlichen Frosch ist das Verhalten das folgende. Die Stimmbänder sind doppelt, das untere bildet eine Falte am äussern Umfang des Eingangs des Bronchus in den Kehlkopf. Das obere ist das Hauptstimmband, und springt weit in die Höhle des Kehlkopfs vor, an der grossen muschelartigen Cartilago arytenoidea von vorn nach hinten ausgespannt. Es ist keine einfache Querfalte, der elastische Theil des Bandes befindet sich am freien Rande der Falte, und bildet eine Platte mit halbmondförmigem obern und untern Rande. Vergl. MAYER *Analekten* Taf. 4. Fig. 4. von *Bufo Lazarus*. Die inneren Flächen dieser Platten oder Bänder schliessen die Stimmritze ein. Der äussere Umfang der Platten

wird durch die Schleimhautfalte mit der äussern Wand des Kehlkopfs, nämlich der *Cartilago arytenoidea* verbunden. Durch die Bewegungen der letzteren Knorpel wird die Stellung der Bänder zum Luftstrom verändert. Die untere Wand der Falte, welche die Stimmbänder mit der Seitenwand des Kehlkopfs verbindet, ist durch ein senkrechtes Fältchen so angehalten, daß die Bänder nicht zu stark nach oben ausweichen. Einige Froschgattungen haben ein Knorpelchen im Stimmband, wie es MAYER von *Bufo Lazarus* abbildete. Es ist eine Wiederholung der auch bei den Vögeln vorkommenden Bildung, welche SAVART an den Stimmbändern mehrerer Singvögel fand.

An den Stimmbändern des männlichen Frosches konnte ich ziemlich leicht sowohl höhere, als tiefere Töne durch Blasen von den unteren Eingängen des Kehlkopfs hervorlocken. Auch der freie Luftstrom am durchschnittenen Kehlkopf spricht zuweilen an. Die Kehlblasen der männlichen Frösche, welche durch Oeffnungen mit dem Munde zusammenhängen, können nur bei geschlossener Mund- und Nasenöffnung von dem Thier ganz aufgeblasen werden. Hierdurch allein kann das Quaken der Frösche nicht entstehen, denn die Oeffnung, welche in diese Blasen führt, zeigt keine Theile, welche durch das Aufblasen jener Kehlblasen leicht in Schwingungen gerathen können. Durch Vermittelung der Kehlblasen kann der männliche Frosch übrigens bei geschlossener Mund- und Nasenöffnung seine Stimme im Kehlkopf angeben. Denn die an den Stimmbändern ansprechende Luft kann in die Blasen ausweichen. Wenn wir bei geschlossener Mund- und Nasenöffnung stark die Stimme angeben, so weichen die *Buccinatorii* aus.

Der Kehlkopf der Pipen ist eine grosse knorpelige Lade, welche von vorn die Luft durch die Stimmritze erhält. Im Inneren dieser geräumigen Lade befinden sich 2 knorpelige lange Stäbe, von der Länge der Lade selbst, mit ihrem vordern Ende sind sie durch Articulation befestigt, sonst sind sie frei, ihr hinteres Ende liegt gerade bei der Oeffnung eines jeden Bronchus in die Lade, wie in Figur 20 durch einen Umriss versinnlicht wird. Der Rand der Oeffnung des Bronchus in die Lade hat einen sehr feinen häutigen Saum, der besonders nach aussen deutlich ist. Ueber die Art, wie diese Stäbe wirken mögen, habe ich schon in meiner ersten Abhandlung mich ausgesprochen. Hält man nämlich ein dünnes Knorpelstückchen von einigen Linien Länge an einem Ende fest und bläst den Rand des andern Endes mit einem Röhrchen an, so erhält man einen brummenden Ton, sobald der Anspruch gelingt. Beim Stimmorgan der Pipa haben wir ganz dieselben Bedingungen, die Knorpelstäbchen und die Röhrchen zum Anblasen der Stäbchen oder die Bronchi. Indess mag auch der häutige Saum am Eingang in den Bronchus in Betracht kommen, der um so leichter in Schwingung versetzt werden kann, wenn die Stäbe die Mündung der Bronchi theilweise verengen. Die Versetzung der Stäbe in Schwingungen von ihrem vordern Ende aus, wo sie die Glottis mit vorspringendem innern Rande begrenzen, ist auch möglich, doch fehlen hier Stimmbänder. Als mir Herr CAGNIARD LATOUR neulich in Paris

mehrere von ihm erfundene Tonwerke zeigte, sah ich darunter eines, in welchem ich sogleich eine überraschende Analogie mit dem Stimmorgan der Pipen erkannte. Eine Röhre ist an einem Ende durch eine Platte geschlossen, in der sich ein Spalt befindet. Im Innern der Röhre befindet sich ein metallenes Zungenplättchen, das auf einem Querbalken befestigt, mit dem freien Ende gegen die Spalte jener Platte sieht, ohngefähr wie Fig. 21 abgebildet ist. Die Zunge wird von der Spalte aus durch Blasen in Bewegung gesetzt. Diese Vorrichtung bedarf keiner weitem Erläuterung.

Die Fische, welche Töne von sich geben, waren schon dem ARISTOTELES bekannt. *Hist. anim. Lib. IV. Cap. 9.* Es sind seine Lyra, Chromis, Capros, Chalcis, Cocyx. Diese Angaben haben sich auf die Trigla, Cottus und mehrere Sciaenoiden, wie Sciaena, Pogonias u. A. fixirt. Ein gemeinsames Princip für die Entstehung dieser Töne lässt sich schwerlich nachweisen. Die Sciaenoiden und die Triglen besitzen eine Schwimmblase, oft mit blinden Fortsätzen und Muskeln am mittlern Theil; aber die Cottus sind ohne Schwimmblase. Es lässt sich auch nicht einsehen, wie eine Compression der Schwimmblase Töne bedingen soll, und bei Sciaena Aquila, die auch Töne hervorbringen soll, fehlen die Muskeln der Schwimmblase, bei mehreren Triglen hinwieder fehlen die hohlen Blinddärme der Schwimmblase. Ich habe weder an der Schwimmblase, noch in derselben bei Sciaena aquila, Trigla gurnardus (mit Fortsätzen) und lineata (ohne Fortsätze) irgend etwas gefunden, was zur Bildung von Tönen Veranlassung geben könnte. Vor allen Dingen wäre erst auszumitteln, ob einer dieser Fische unter Wasser seine Töne hervorbringe. Von allen wird behauptet, dass es ausser dem Wasser, besonders beim Zusammendrücken geschehe. Dann kann Luft verschluckt sein, und die Töne können wie die Borborygmi beim Menschen entstehen. Von den Sciaenen und Pogonias wird auch das Tonangeben unter Wasser versichert, aber dieser Umstand ist noch nicht hinreichend constatirt.

Erklärung der Abbildungen.

Die hier gegebenen Abbildungen sind bestimmt unsere Versuche zu erläutern. In Hinsicht der anatomischen Verhältnisse verweise ich auf die anatomischen Schriften, für die Säugethiere auf die Arbeiten von WOLFF und BRANDT, WOLFF *de organo vocis mammalium Berol. 1812. 4.* und BRANDT *obs. anat. de mammalium quorundam praesertim quadrumanorum vocis instrumento Berol. 1826. 4.*, in Beziehung auf die Vögel auf SAVART's treffliche Abhandlung, in Beziehung auf die Amphibien auf MAYER's Analekten und eine ausführliche Monographie über den Kehlkopf der Amphibien von

HENLE, so wie in Beziehung auf mehrere Klassen zugleich auf A. v. HUMBOLDT's Untersuchungen und Abbildungen.

Alle Veränderungen, welche der Kehlkopf bei einzelnen Säugthieren erleidet, beziehen sich übrigens nicht auf die Entstehung der Stimme, die ganz nach denselben Gesetzen wie beim Menschen erfolgt, sondern hauptsächlich auf Resonanz-Erscheinungen, und bedürfen in dieser Hinsicht keiner besondern Erläuterung.

Figur 1 und 1' erläutern den vordern und hintern Steg der Stimmbänder beim Menschen.

Figur 1. $\alpha\beta\gamma\delta$ vorderer Steg, Schildknorpel.

abc hinterer Steg, Cartilago arytenoidea.

bde Ringknorpel, auf welchem die Stege sich bewegen.

co Stimmband.

δ Hypomochlion des vordern Stegs.

δo eine vom Hypomochlion bis zur Insertion des Stimmbandes gezogene Linie, welche den Arm des Hebels vorstellt.

oy eine den Musculus cricothyreoideus nachahmende Schnur.

Figur 1'. Hier sind die beiden Stege durch blosse Linien vorgestellt, welche die Arme der Hebel ausdrücken.

In beiden Figuren sind m, n Muskeln, nämlich die Anzieher des vordern und hintern Steges zur Spannung der Stimmbänder, cricothyreoideus und cricoarytenoideus post. x Fig. 1 ist das elastische Ligamentum cricothyroideum, welches ebenfalls durch Zug am vordern Steg spannt.

Figur 2. Stellt die Präparation des Kehlkopfes zu Versuchen dar, wo die Spannung der Bänder in horizontaler Richtung oder richtiger in der Richtung ihrer Länge geschehen soll. Die beiden Cartilagines arytenoideae sind auf einer quer durchgezogenen dicken Stecknadel zur Verschliessung des hintern Theils der Stimmritze zusammengebunden und an der Säule f befestigt.

a Cartilago arytenoidea (die Spitze ist abgeschnitten).

b Rest des grösstentheils abgeschnittenen Schildknorpels.

c Ringknorpel.

d das untere Stimmband. Alles darüber liegende ist abgeschnitten.

e innere Haut des Kehlkopfes, das hier liegende Ligamentum cricothyroideum; welches der Spannung der Stimmbänder in der Richtung ihrer Länge hinderlich ist, muss abgelöst werden.

Figur 2'. Ansicht der Praepation Fig. 2 von oben.

aa die zusammengebundenen und auf einer Stecknadel befestigten Basen der Cartilagines arytenoideae.

b Rest des Schildknorpels.

c Ringknorpel.

dd Stimmbänder.

ee Musculi thyreoarytenoidei.

Figur 3. Präparation des Kehlkopfs zu Versuchen, wobei der Schildknorpel als Steg benutzt wird. Die Bezeichnung ist dieselbe. Die Cartilagines arytenoideae sind wie gewöhnlich zusammengebunden. Der obere Theil der Cartilagines arytenoideae und des Schildknorpels und alles über den unteren Stimmbändern ist ab-

geschnitten. Auf diese Weise sind die Seiten der Stimmbänder frei geworden und es können die Schenkel des Compressoriums angelegt werden.

Figur 3'. Ansicht der Präparation Fig. 3, von oben.

aa Die auf einer Stecknadel zusammengebundenen Basen der Cartilagine arytenoideae.

b Schildknorpel.

c Ringknorpel.

d Stimmbänder.

e Musculi thyreoarytenoidei.

Da die hintere Wand der Cartilagine arytenoideae in ihrer mittlern Stellung nicht in einer Ebene mit der hintern Wand des Ringknorpels liegt, so ist es bei Befestigung derselben an die Säule zweckmässig ihnen eine Hinterlage zu geben, um durch die Befestigung dieser Knorpel die Stimmbänder nicht schon zu spannen.

Zur Erzeugung der tiefsten Töne der menschlichen Stimme und der dazu nöthigen Erschlaffung der Stimmbänder ist ausserdem, dass der Schildknorpel gegen die Cart. arytenoideae bewegt werden muss, auch zweckmässig, beide Knorpel durch Vorwärtsstellung der Cartil. arytenoideae zu nähern. Bei dieser Bewegung der Cart. aryt. stellen sie ihre Processus vocales zugleich tiefer.

Zu den Versuchen über die Bruststimme müssen natürlich Kehlköpfe von Männern genommen werden. Der ganze Unterschied in der Form der männlichen und weiblichen Kehlköpfe ist übrigens bloss von der Länge der männlichen Stimmbänder abhängig. Wegen der grössern Länge der Stimmbänder bei den Männern als bei den Weibern, deren Stimmbänder im Durchschnitt $\frac{2}{3}$ der männlichen sind, war ein grösseres Ausweichen des vordern Steges oder des Schildknorpels in der Form des Winkels nöthig. Diess allein ist die Ursache von dem Winkel des Schildknorpels der Männer. Uebrigens habe ich auch bei erwachsenen Männern einen grossen Unterschied in der Länge der Stimmbänder und selbst in der Weite der Luftröhre bemerkt.

Figur 4. Ansicht der kleinen Muskeln des Kehlkopfes von oben. Der Schildknorpel ist bis auf den Rest *b* abgeschnitten, die Cart. aryt. bis auf ihre Basen abgeschnitten.

a Processus vocalis der Cart. aryt.

a' Muskelfortsatz derselben.

c Ringknorpel.

d Stimmbänder.

e Musculus thyreoarytenoideus.

f Musculus cricoarytenoideus lateralis, er dreht die Cart. aryt. um ihre Achse und drückt die Processus vocales beider Knorpel aneinander, um mit Hülfe des Musculus arytenoideus *g* den hintern stimmlosen Theil der Stimmritze zu schliessen.

Figur 5. Apparat zur seitlichen Compression der Stimmbänder für Erzeugung der Bruststimme.

a Stab, an welchem die Pincette *f* befestigt ist, gleich *a* Fig. 6.

b Querstück, an welchem die Pincette vermöge des Stücks *c*

vorwärts und rückwärts bewegt werden, und in die richtige Stellung zur Länge der Stimmbänder gebracht werden kann, gleich *b* Fig. 6.

d Schraube zur Feststellung des Stücks *c*.

e Schraube zur Feststellung des Stabs *a* für die richtige Stellung der Pincette zu der Höhe der Stimmbänder.

f Pincette. Ihre Schenkel haben 5—6'' Breite.

Figur 6. Apparat zu den Stimmversuchen am menschlichen Kehlkopf.

N Pfeiler zur Befestigung des Kehlkopfes und des Compressoriums *abf*.

u Rohr zum Blasen.

o Manometer mit *u* verbunden.

M, O Pfeiler zur Befestigung der Rollen *x'* und *y'*.

x Schnur zur Spannung der Stimmbänder mit Zug in der Richtung ihrer Länge, geht über die Rolle *x'*.

y Schnur zur Erschlaffung der Stimmbänder und Reduction des Minimums von Spannung, welches sie durch das elastische Ligamentum cricothyreoideum medium haben, geht über die Rolle *y'*.

z Schnur zur Spannung der Stimmbänder vermittelt Zug am vordern Steg oder Schildknorpel nach unten.

Figur 7. Compressorium mit messbarer Stellung der Schenkel *g, h*, welche in einer Fuge an der untern Seite des Stücks *ab* gehen.

c d Schraube zur Annäherung und Entfernung der Schenkel *g, h*, mit zwei entgegengesetzten Schraubenwindungen.

e Fortsatz, welcher die Stellung des Schenkels *g* im Verhältniss zum Massstab *f* anzeigt. Der Stab, an welchem dies Compressorium befestigt ist, passt auf das Stück *cde* Fig. 5. Das Compressorium wird auf dieselbe Weise, wie die Pincette Fig. 5 am Apparat Fig. 6 bei *b* befestigt und nach Bedürfniss gestellt.

Figur 8. Compressorium für die Versuche am untern Kehlkopf der Papageien. Der Schenkel *g* ist fest, der Schenkel *h* in einem Charnier bei *o* beweglich. Das Stück *mo* kann verschoben und durch die Schraube *n* gestellt werden. Der Stab *a* passt zu dem Stück *cde* Fig. 5 und kann mittelst *c* am Apparat Fig. 5 auf dem Stück *b* befestigt werden. *x* Schnur zur Bewegung des Schenkels *h*, durch Gewichte zu beschweren.

Figur 9. Compressorium mit 2 beweglichen Schenkeln zu Versuchen am menschlichen Kehlkopf für die Bruststimme. Die Stücke *c, d*, an welchen die Schenkel *ef* in Charnieren beweglich sind, können in einer Fuge an dem Stück *ab* bewegt und mittelst Schrauben fixirt werden. *gh* Schnüre zur Bewegung der Schenkel gegeneinander, mit Gewichten zu beschweren.

Figur 10. Apparat zu den Versuchen über die Bruststimme mit messbarer Compression der Stimmbänder mittelst des Compressoriums Fig. 9.

Figur 11. Compressorium für die Versuche über die Bruststimme an Kehlköpfen, die noch mit den Fauces, dem Mund und

Nasencanal verbunden sind. Die Schenkel *ab* liegen an den Seiten der Stimmbänder.

Figur 12. Vollständiger Apparat zu diesen Versuchen mit dem Compressorium Fig. 11.

a Schlund.

b Zungenbein.

c Ringknorpel.

d Rest des Schildknorpels zur Befestigung der Schnur *e* für Spannung der Stimmbänder.

Figur 13. Seitenansicht des untern Kehlkopfes von *Psittacus Ararauna*.

a halbmondförmiger Knochen, klappenartig am Tympanum *c* beweglich.

b halbmondförmiger unterer Knorpel.

a' b' Stimmmembran, die einen Winkel α nach innen bildet.

Figur 14. *a, b* Muskeln, welche die Bronchien aufwärts ziehen, die Winkel bei α schärfen und einander annähern.

c Muskeln, welche die halbmondförmigen Knochen nach auswärts ziehen, die Winkel bei α abstumpfen und die Stimmritze erweitern.

d Muskel der Luftröhre.

Figur 15. Stellung der Theile bei der Wirkung der Muskeln *c*.

Figur 16. Stellung des Kehlkopfs des Papageien im Compressorium *ab* zu den Stimmversuchen mittelst des Apparats Fig. 8. Das Blasen geschieht durch die Luftröhre.

Figur 17. Röhrrchen von Glas, deren schiefe Enden mit Goldschlägerhaut zum Theil bedeckt sind.

Figur 18. Verbindung dieser Röhrrchen mit einer kurzen weitem Röhre zur Verstärkung des Schalls.

Figur 19. Stellung zweier, zugleich anzublasenden Röhrrchen, wovon das eine mit einem Stimmband von Goldschlägerhaut versehen ist.

Figur 20. Horizontaler Querschnitt des Kehlkopfes der *Rana pipa*.

a Lade.

b Stimmknorpel.

c Oeffnungen der Bronchien.

Figur 21. Nachbildung des Kehlkopfes der Pipa. In der Röhre *a*, welche bei *d* bis auf eine Spalte geschlossen ist, kann die Röhre *b* verschoben werden. Auf dem vordern Ende der letztern ist auf einem Querriegel die metallene Zunge *c* befestigt, deren Ende bis nahe zur Spalte *d* geschoben wird.

Figur 22. *Cartilago arytenoidea a* des männlichen Frosches mit dem Stimmband *b*.

Figur 23 und 24 erläutern den in ein ziemlich langes Rohr ausgezogenen *Aditus laryngis superior* der *Sapajous*.

Figur 23. Durchschnitt des Kehlkopfs von *Ateles arachnoides*.

a Schildknorpel.

b Ringknorpel.

c *Cart. arytenoidea*.

d Kehldeckel.

e Der zu einem dicken Kissen angeschwollene Wrisbergische Knorpel. Zwischen *d* und *e* liegt der röhrlige Canal des Kehlkopfs.

f Unterer oder eigentliches Stimmband. Es hat einen sehr scharfen obern Rand.

g Das sehr tief und nach aussen liegende obere Stimmband.

Figur 24. Kehlkopf des *Ateles arachnoides* von der Seite, die Hälfte des Schildknorpels ist weggenommen.

a Schildknorpel.

b Ringknorpel.

c Cartilago arytenoidea, *c'* das obere, dem Santorinischen Knorpel entsprechende Ende vereinigt sich mit dem der andern Seite und bildet das untere Labium der Röhre.

d Kehldeckel. *d'* Fortsatz desselben zu der Cartilago arytenoidea oder Santoriniana. Der Kehldeckel bildet das obere Labium der Röhre, die Fortsätze *d'* des Kehldeckels mit den Santorinischen Knorpeln das untere Labium.

e Wrisbergische weiche Knorpelmasse.

f Gegend der Stimmbänder.

Der Kehlkopf der *Sapajous* zeichnet sich durch die Verlängerung der Kehlkopfhöhle über den unteren Stimmbändern zu einer gekrümmten Röhre aus. Diese Röhre steigt anfangs aufwärts, dann rückwärts. Die vordere Wand wird vom Schildknorpel, die obere vom Kehldeckel gebildet, die hintere Wand am aufsteigenden Theil und die untere Wand am queren Theil der Röhre wird durch die sich aneinanderlegenden Peloten oder Kissen der grossen Wrisbergischen Knorpel gebildet. Da diese Peloten mit dem vordern Umfang der Cartilagines arytenoideae zusammenhängen, so werden sie, mit der Annäherung der Cartilagines arytenoideae zum Verschluss des hintern stimmlosen Theils der Stimmritze, zugleich dicht aneinander gedrückt, und der Luft bleibt bloss der Weg durch den erwähnten langen Canal zwischen Schildknorpel, Kehldeckel und den Peloten übrig. Die Lippen des Canals, der sich nach hinten in den Schlund öffnet, sind oben der Kehldeckel, unten die sich vereinigenden Enden der Cartilagines arytenoideae. Diese Röhre lässt sich durch Einsetzen von Stücken von Glasröhren von verschiedener Länge leicht verlängern, ich habe in dieser Weise Versuche angestellt, aber keine merkliche Aenderung in der Höhe der Töne hervorgebracht. Der lange Canal des Kehlkopfs scheint daher mehr auf den Klang der Stimme berechnet. Durch Bedeckung der Mündung der Röhre mit dem Finger wurde eine Vertiefung des jedesmaligen Tons um einen halben Ton hervorgebracht. Die Intonation geschieht unter den gewöhnlichen Vorrichtungen.

Wurde der ganze Kehlkopf der Länge nach durchschnitten, und ein Luftstrom aus einem Röhrchen an einem der Stimmbänder vorbei, in der Richtung der Achse des Kehlkopfs geleitet, so erhielt man ziemlich gute Töne. Die Stimmbänder haben nach oben scharfe Ränder und sprechen ungemein leicht an.

Figur 25. Längsdurchschnitt durch den Kehlkopf und die Resonanzapparate des Heulaffen, *Mycetes ursinus*.

- a* Schildknorpel.
- b* Ringknorpel.
- c* Cartilago arytenoidea. *c'* Ende derselben, mit dem der andern Seite verbunden, das Labium inferius der Mündung des Kehlkopfs bildend.
- d* Kehldeckel, er bildet die Decke des röhrigen krummen Canals des Kehlkopfs über den Stimmbändern. Das Ende *d'* bildet das obere Labium des Endes dieses Canals.
- e* Die mit der Cartilago arytenoidea verbundene grosse weiche Knorpelmasse Cart. Wrisb., sie bildet eine Pelote, die bei der Annäherung der Cartilagine arytenoideae gegen einander zum Verschluss des hintern stimmlosen Theils der Glottis, sich an die Pelote der andern Seite legt.
- de* Canal zwischen Kehldeckel und den Peloten.
- f* Unteres Stimmband.

g Oberes Stimmband, letzteres ist nicht am Schildknorpel, sondern an der Wurzel des Kehldeckels befestigt und hängt mit der Pelote zusammen, es bildet eine sehr feste, elastische, gerade herabstehende Leiste, zwischen dem morgagnischen Ventrikel und dem mittlern Theil der Kehlkopfhöhle. Die Bucht zwischen *f* und *g* führt zwischen Schildknorpel und den Wänden der mittlern Kehlkopfhöhle in den häutigen Sack *g*, die Verlängerung des morgagnischen Ventrikels.

Vor der Wurzel des Kehldeckels befindet sich zwischen zwei Bändern, die den Kehldeckel an den Schildknorpel heften, der Eingang *i* in den unpaaren Sack *i'*, der bei *k* die Höhle des Zungenbeins *III* auskleidet.

- m* Der von BRANDT beobachtete Saccus laryngeus, der zur Seite der obern Kehlkopfföffnung vom Schlund aus seinen Zugang hat, und zwischen Kehldeckel und Schildknorpel hervortritt.

Figur 26. Querdurchschnitt von oben nach unten durch den Kehlkopf und die morgagnischen Ventrikel des *Mycetes urinus* nach der Linie *xy* Fig. 25. Hinteres Sgment. Bezeichnung wie in der vorigen Figur.

- ee* Die aneinander liegenden Peloten.
- de* Der Canal des Kehlkopfes zwischen dem Kehldeckel und den die untere Wand bildenden Peloten.

Figur 27. Vorderes Sgment dieses Durchschnittes. Bezeichnung wie Fig. 25. Zwischen der Wurzel des Kehldeckels *d* und dem Schildknorpel *a* ist der Eingang in den unpaaren Zungenbeinsack *i*.

- g* Uebergang der oberen Stimmbänder oder der sie ersetzenden elastischen Leisten in den Kehldeckel.

Die resonirenden Apparate bei den Heulaffen sind doppelt, Membranen, Knochen und Knorpel einerseits, die von ihnen eingeschlossene Luft andererseits. Die elastischen Leisten theilen die Kehlkopfhöhle in das mittlere Rohr und die seitlichen Höhlen. Der mittlere Canal dient der Luft zur fortschreitenden Bewegung sowohl als zur Resonanz, die seitlichen Luftsäcke und der Zungenbeinsack zur Resonanz der Luft. Die Resonanz dieser Luftmassen muss

durch die elastischen Leisten, welche den Eingang in die Säcke begrenzen, erleichtert werden. Die Resonanz des Tons einer Zunge über einem Behälter mit Luft giebt ganz das wieder, was hier geschieht. Man kann sich auch durch Versuche von der Verstärkung der Stimme durch diese Apparate überzeugen. An einem ganzen Kehlkopf des Heulaffen mit unversehrtem Resonanzapparat brachte ich auf die gewöhnliche Weise Töne hervor und verglich ihre Stärke, unter sonst gleichen Bedingungen, indem ich die Luft bald die Säcke füllen liess, bald aber die Hälse der Säcke mit Pincetten zusammendrückte, so dass sie beim Blasen nicht gefüllt wurden. Im erstern Falle waren die Töne viel stärker und gellender. Die Stimmbänder der Heulaffen mit sehr scharfem obern Rande geben auch für sich am durchschnittenen Kehlkopf, wenn man an ihnen vorbei bläst, lebhafte Töne an.

Man kann die Versuche an den Kehlköpfen der Affen, wie überhaupt bei allen Thieren, auch an Präparaten anstellen, die in Weingeist aufbewahrt worden, wenn man die Kehlköpfe vorher etwas in Wasser liegen lässt. Ich bewahre in Weingeist auch die zu Stimmversuchen präparirten und gut befundenen Kehlköpfe von Menschen und benutze sie gelegentlich.

Figur 28. Aufgeschnittener Kehlkopf des Alligator lucius.

a Stimmband.

b Ringförmiger Knorpel.

c Gebogener Knorpelstreifen, an dem das Stimmband ansitzt.

d Zungenbein.

e Schleimhaut über dem Zungenbein.

Figur 29—39. erläutern die in der frühern Schrift beschriebenen Versuche an Kautschoukzungen und künstlichen Kehlköpfen nach dem Typus des menschlichen Kehlkopfs.

Figur 29—31. Einlippige Zungen verschiedener Art.

Figur 32. Zweilippige Zungenpfeife mit horizontaler Stellung der Labien, und den Röhren zur Verlängerung der Luftsäule vor und hinter den Zungen. Wenn die Stellung der Zungenbänder gegen den Luftstrom senkrecht ist, wie im gegenwärtigen Fall, so wird der Ton der Zungen am leichtesten durch die Luftsäule verändert.

Figur 33. Zweilippige Zunge von Kautschouk, deren Labien mit ihren Flächen gegen einander stehen. Die Pincette dient zur Befestigung der Labien auf einer Seite. Die Befestigung der Labien auf der andern Seite ist nicht durchaus nöthig.

Figur 34. Aehnliche zweilippige Zunge mit Pincetten zur Befestigung an beiden Enden der Stimmritze. Die Präparate Fig. 33. und 34 sind bestimmt mit Röhren verbunden zu werden, um den Einfluss der Luftsäule kennen zu lernen.

Figur 35. Zweilippige Zungenpfeife mit Labien, deren Flächen sich zugewandt sind, und deren Röhren zur Verlängerung und Verkürzung der Luftsäule dienen. Ich habe bemerkt, dass wenn die Labien sich ihre Flächen zuwenden, wie im gegenwärtigen Fall, die Luftsäule vor und

hinter den Zungen oft sehr wenig oder oft gar keinen Einfluss auf die Veränderung des Tons der Zungen hat. Diese Zungen mit zugewandten Flächen der Labien und sich allmählich gegen die glottis verengendem aditus glottidis haben die meiste Aehnlichkeit mit dem menschlichen Stimmorgan, auf welches die Luftsäule vor und hinter den Labien auch fast gar keinen Einfluss auf die Höhe des Tons hat.

Figur 36. Zungenwerk mit ähnlichen Labien, woran die Pincetten vermittelst einer Schraube beliebig entfernt und durch eine Feder genähert werden, zur Verstärkung und Verminderung der Spannung.

Figur 37 — 39. Nachbildung des menschlichen Kehlkopfes.

Figur 37. Stücke von Messing *a.* cart. cric. *b.* vorderer Steg bei *b'* in einem Gelenk beweglich. *c.* hinterer Steg in einem Gelenk bei *c'* beweglich; der hintere Steg ist eine gekrümmte Pincette, deren Schenkel durch eine Schraube genähert werden. *d.* eine ähnliche Pincette, die am vordern Umfang des vordern Stegs befestigt ist, ohne in einem Gelenk beweglich zu seyn.

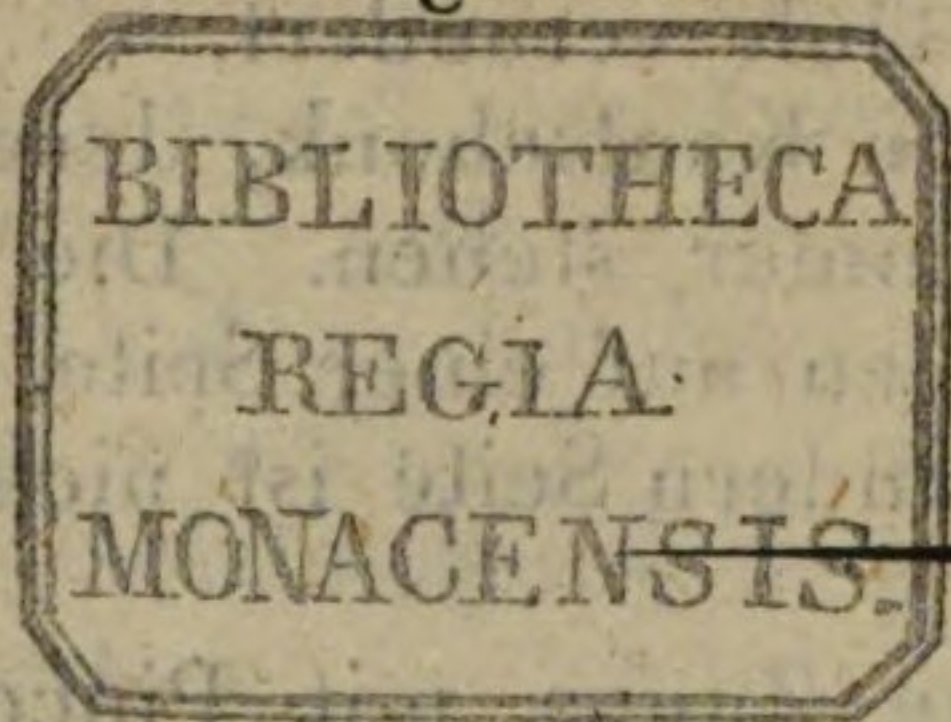
Die Schraube *e* kann den vordern Steg nach vorwärts drücken.

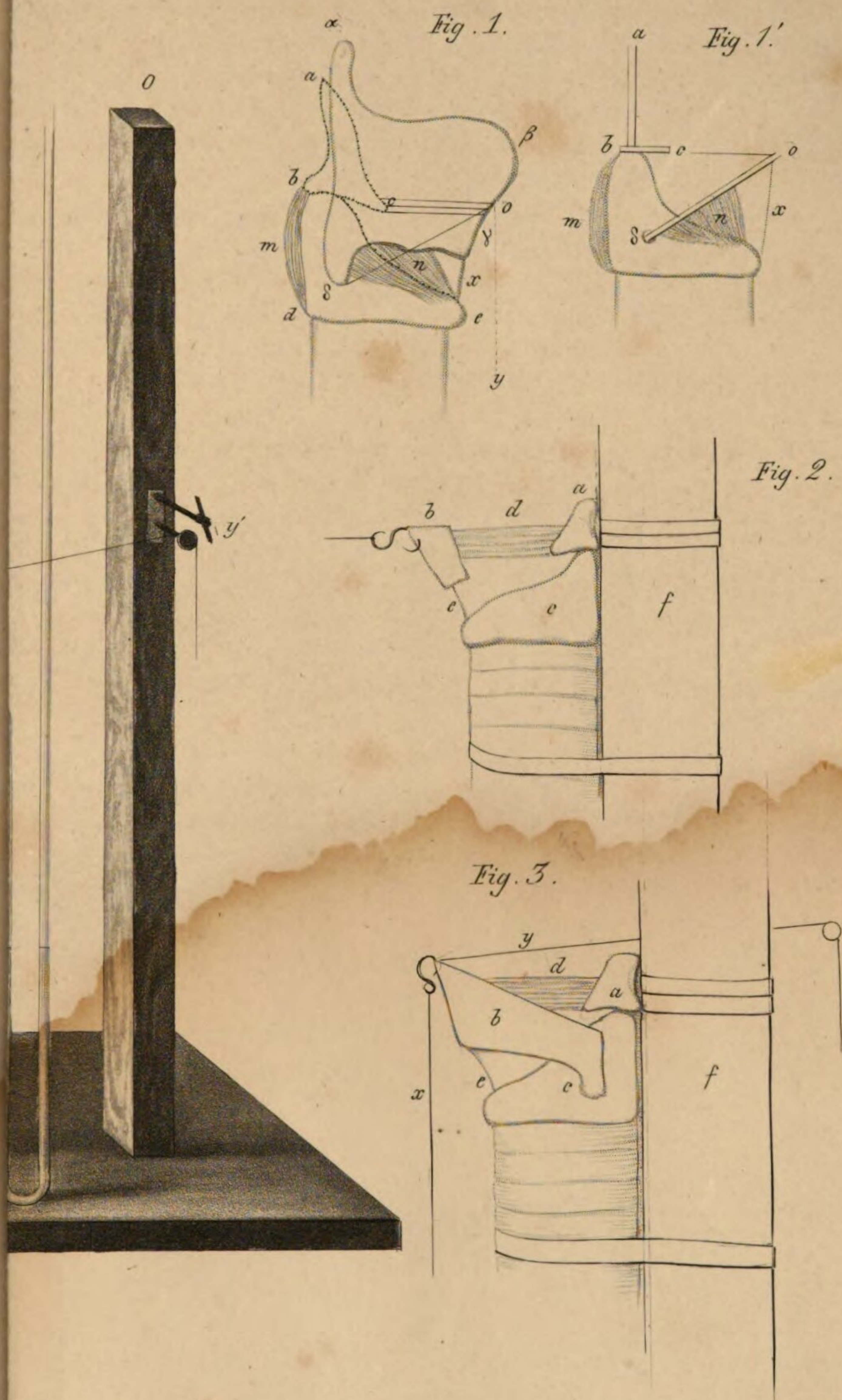
Figur 38. Präparation der zweilippigen Kautschoukzunge, mit einander zugewandten Flächen, auf einem Rohr aufgebunden. Diese Präparation wird mit dem Apparat Fig. 37. verbunden und das vordere und hintere Ende der Labien in die Pincetten eingeklemmt.

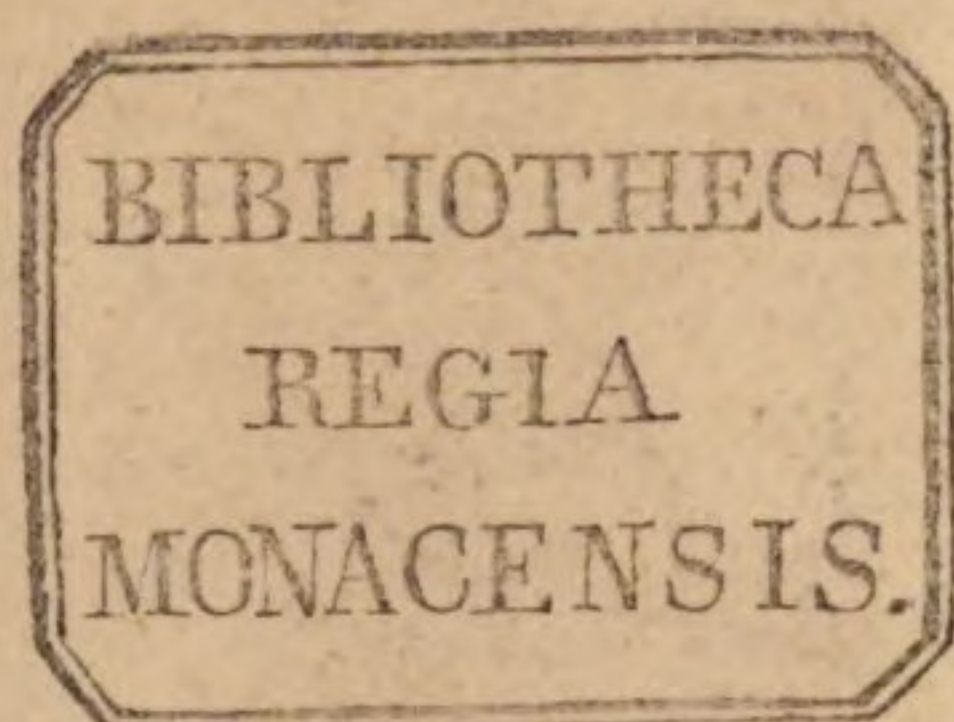
Daraus entsteht der künstliche menschliche Kehlkopf Fig. 39., der mit dem Manometer verbunden werden kann.

Statt des Kautschouks kann man auch große Arterien nehmen.

In allen diesen Vorrichtungen mit doppelten Labien von Kautschouk, die sich ihre Flächen einander zukehren, kann die Stimmritze ziemlich weit offen seyn und die Töne erfolgen doch noch mit grosser Stärke.







BIBLIOTHECA

REGIA

MONACENSIS.

13.

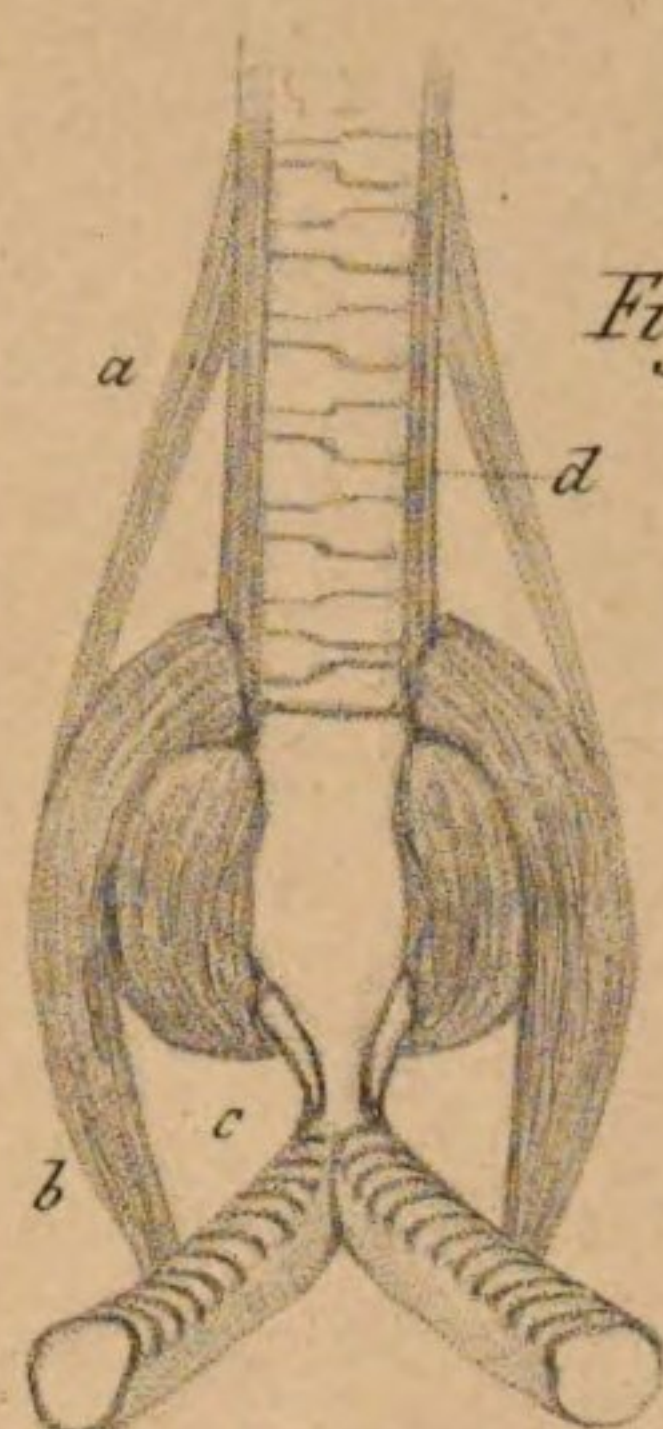


Fig. 14.

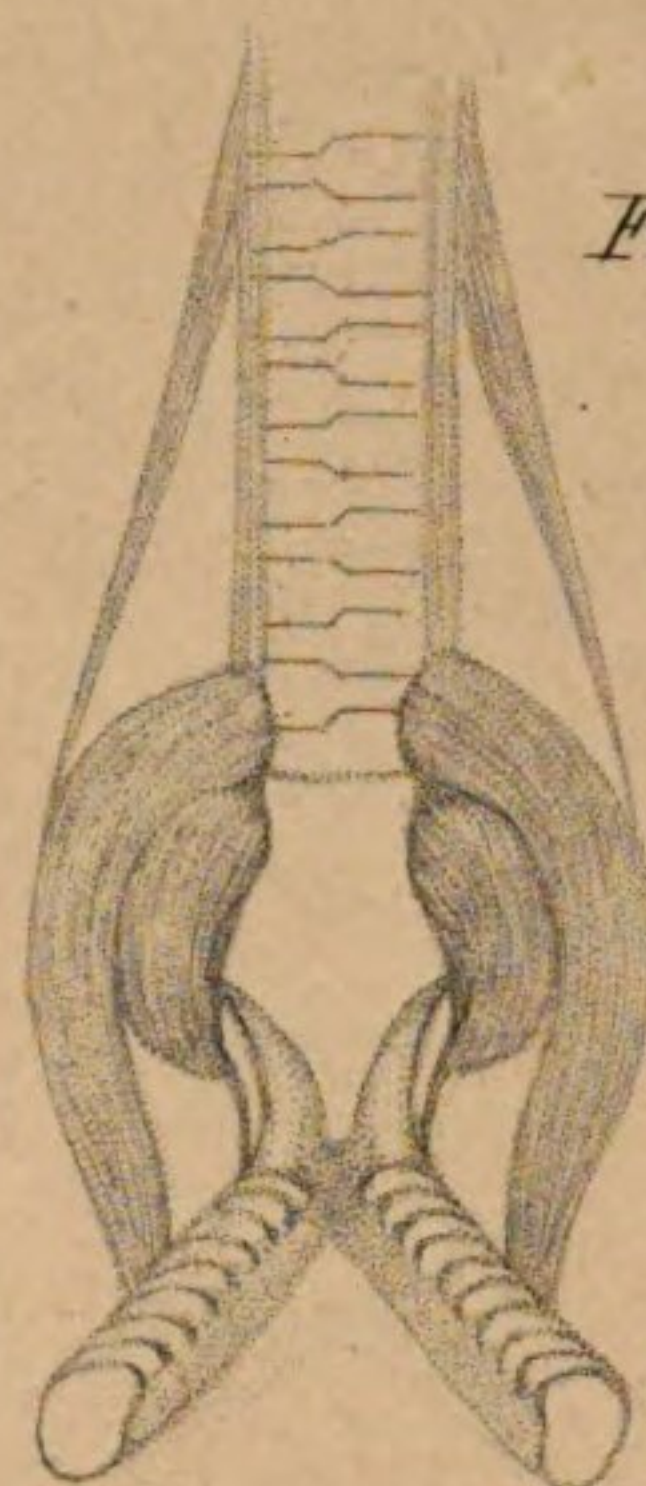


Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.

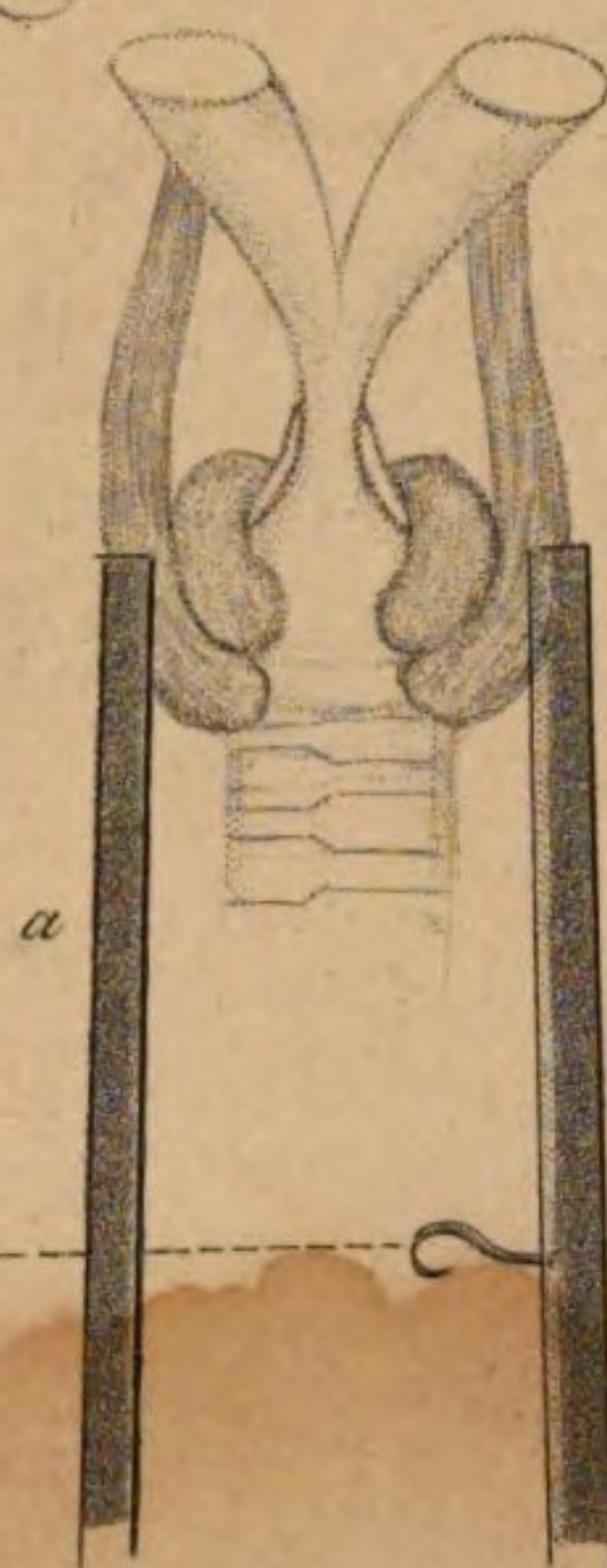


Fig. 18.

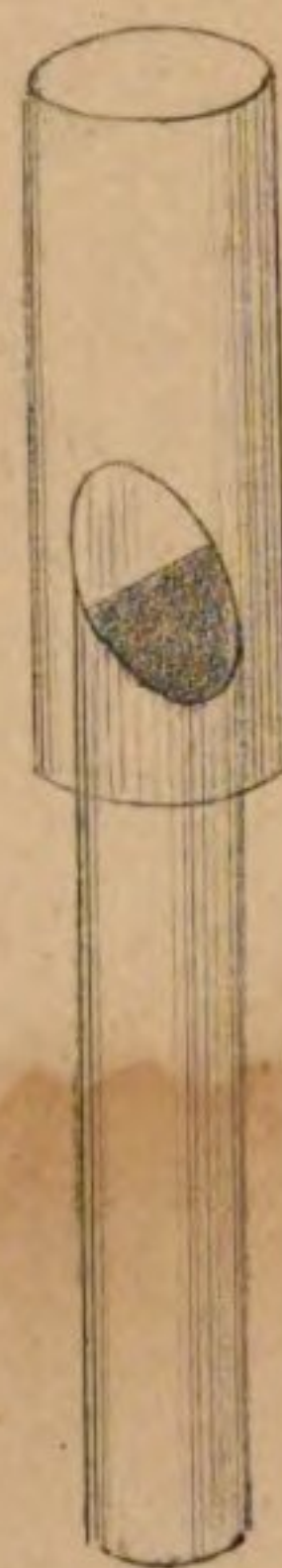


Fig. 20.

Fig. 19.

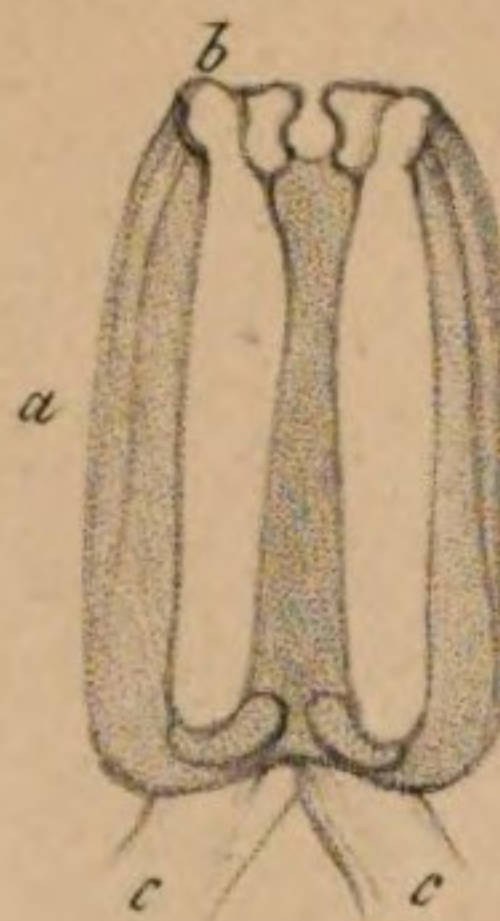
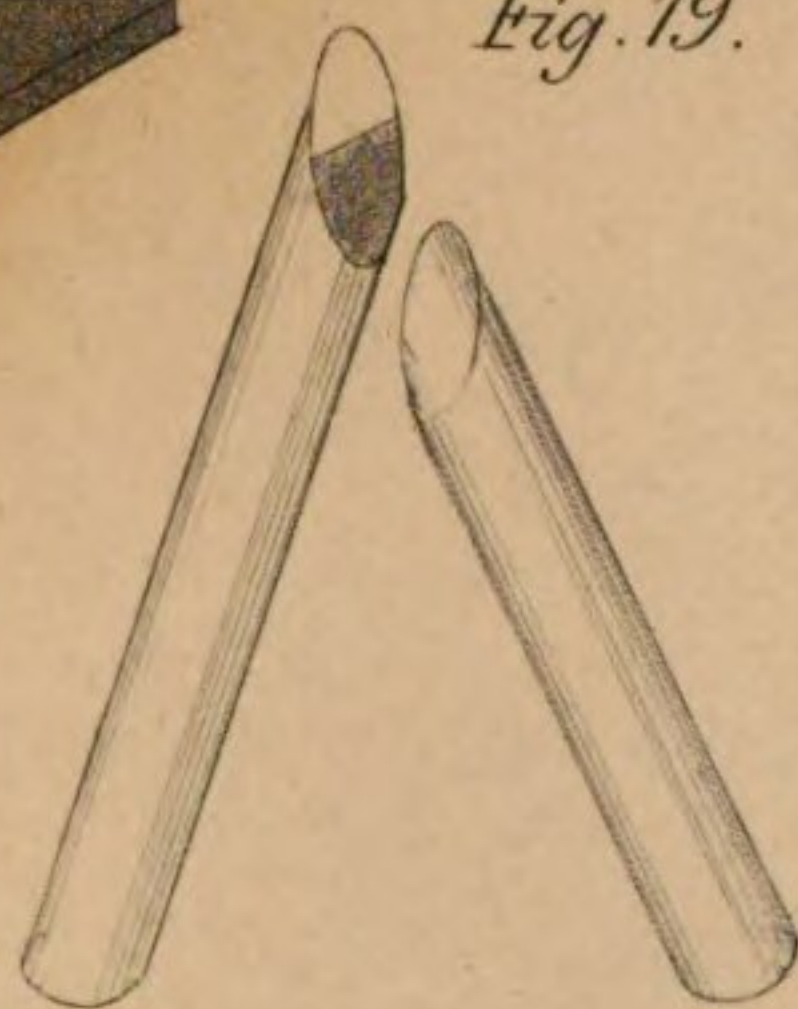
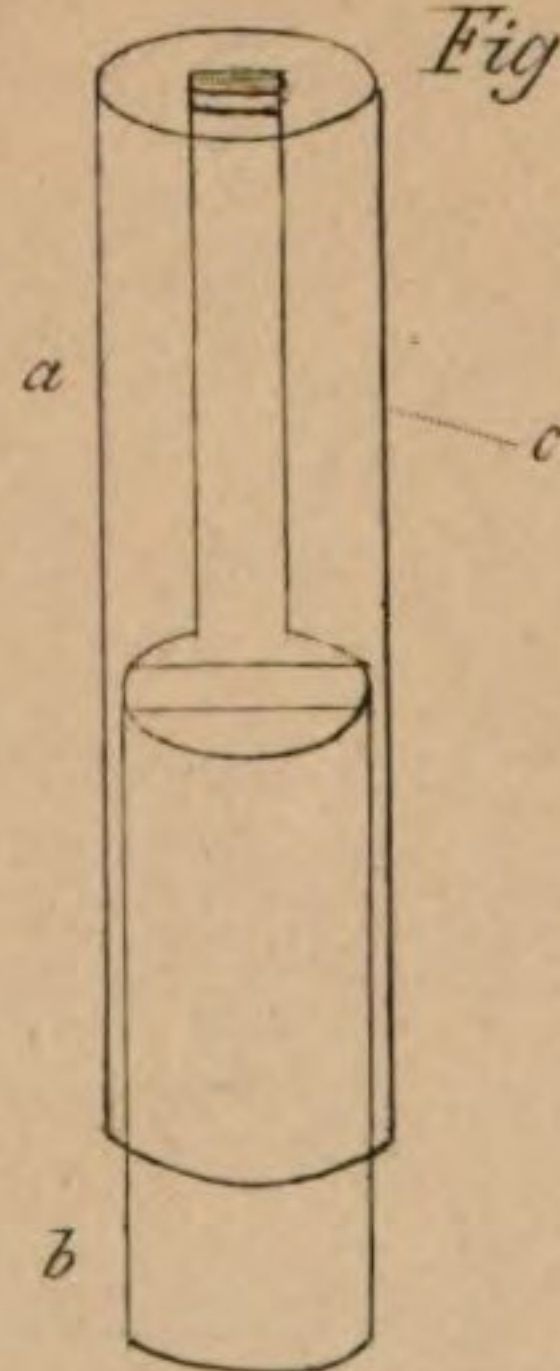
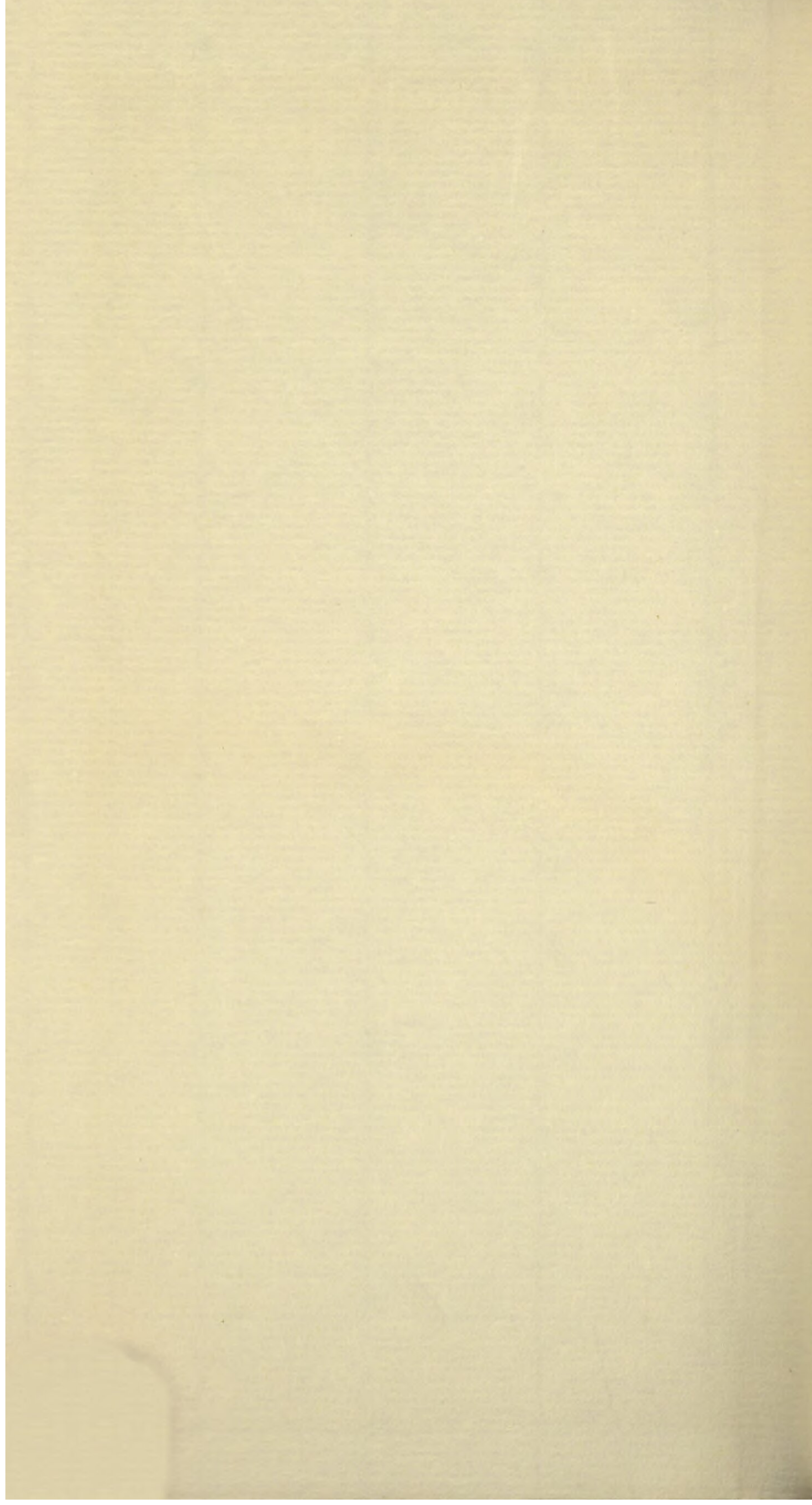


Fig. 21.



BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.







Müller, Johannes,

Über die Compensation der physischen Kräfte am menschlichen Stimmorgan mit
Bemerkungen über die Stimme der Säugethiere, Vögel und Amphibien ;
Fortsetzung und Supplement der Untersuchungen über die Physiologie der
Stimme

Berlin 1839

Anat. 304 dc

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10369078-6